48. - Prix : 2 fr.

Janvier 1920.

LA SCIENCE ET LA VIE

LA 10 HP
ANDRÉ CITROËN
INGENIEUR CONSTRUCTEUR
113 A 145 QUAI DE JAVEL-PARIS
LA PREMIÈRE
VOITURE
FRANÇAISE
CONSTRUITE
EN
GRANDE SÉRIE

DUNLOP

Fondateur de l'Industrie du Pneumatique

PNEUS

AUTOS
MOTOS
VÉLOS

BANDAGES PLEINS

POUR POIDS LOURDS

La plus grande production en Europe

Société Anonyme des Pneumatiques **DUNLOP**
au Capital de 15.000.000 de Francs
Télég. : **Pneumatic-Paris.** - **4, Rue du Colonel-Moll, PARIS** - *Téléph.* : **Wagram 21-79, 23-09, 23-89**

SUCCURSALES :

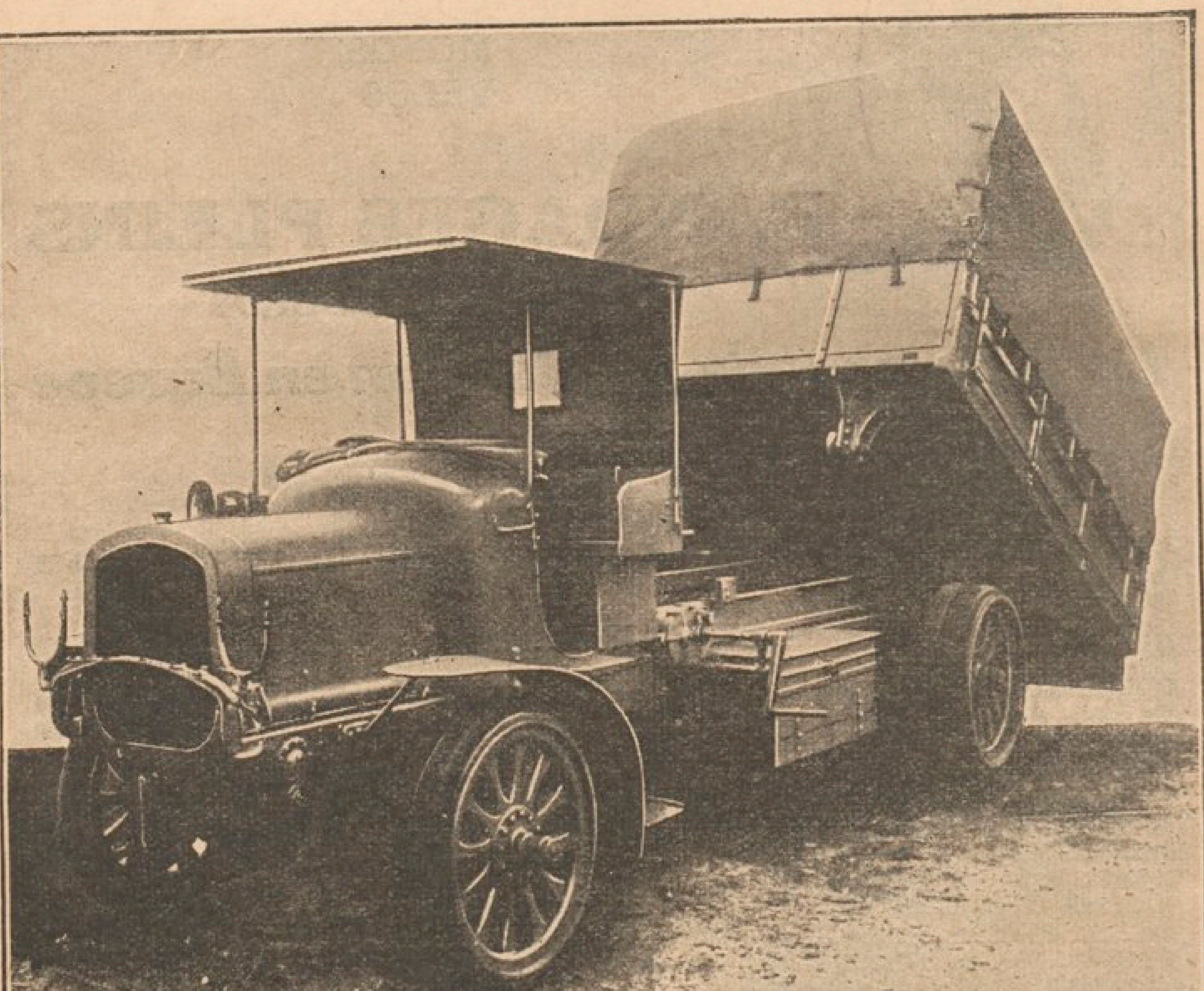
BORDEAUX, 10, Rue de Cursol .. .. -	*Télégramme :* Dunlop-Bordeaux.. -	*Téléphone :* (Province)	39-70
CAEN, 25, Rue de Varignon. .. .. .. -	— Dunlop-Caen .. .. -	— —	7-60
DIJON, 17, Boulevard de la Trémouille. -	— Dunlop-Dijon .. .. -	— —	17-47
LILLE, 21, Rue Saint-André. .. .. .. -	— Dunlop-Lille .. .. -	— —	47
LYON, 181, Avenue de Saxe .. .. .. -	— Dunlop-Lyon .. .. -	— —	30-94
MARSEILLE, 137, Avenue du Prado .. -	— Dunlop-Marseille.. -	— —	58-83
MONTLUÇON, 88, Bd de Courtais .. -	— Dunlop-Montluçon -	— —	1-66
NANCY, 10, Rue des Tiercelins. .. .. -	— Dunlop-Nancy. .. -	— —	11-79
NANTES, 4 et 6, Rue Molière .. .. .. -	— Dunlop-Nantes .. -	— —	18-73
NICE, 74, Rue Cotta.. .. .. -	— Dunlop-Nice .. .. -	— —	22-01
ROUEN, 5, Place de l'Hôtel-de-Ville .. -	— Dunlop-Rouen. .. -	— —	4-39
STRASBOURG, 48, Faub. de Saverne -	— Dunlop-Strasbourg -	— —	5
TOULOUSE, 37, Boulevard Carnot .. -	— Dunlop-Toulouse .. -	— —	0-45
TOURS, 17, Rue d'Entraigues .. .. .. -	— Dunlop-Tours .. .. -	— —	9-97
ALGER, 23 *ter*, Boulevard Carnot .. .. -	— Dunlop-Alger .. . -	— —	6-79
MAROC, Casablanca, Boîte postale n° 43-	— Dunlop-Casablanca	— —	»
ORAN *(Dépôt)*, 39, Boulevard Séguin .. -	— Dunlop-Oran .. .. -	— —	10-65
TUNIS *(Dépôt)*, 7, Rue d'Angleterre .. -	— Dunlop-Tunis .. .. -	— —	4-72

Chaque Succursale et Dépôt possède tout le matériel nécessaire pour le montage des Bandages Pleins.

MANUTENTION MÉCANIQUE
sur Camions Automobiles

par les Procédés E. FOUCHÉE - Brevetés S. G. D. G.

Bennes basculantes. - Bennes à déchargement latéral. Plateformes basculantes. - Citernes sur châssis automobiles. - Tonnes d'arrosage et de vidange. - Carrosseries amovibles. - Remorques. - Grues Derrick.



E. FOUCHÉE (Ingénieur-Constructeur)

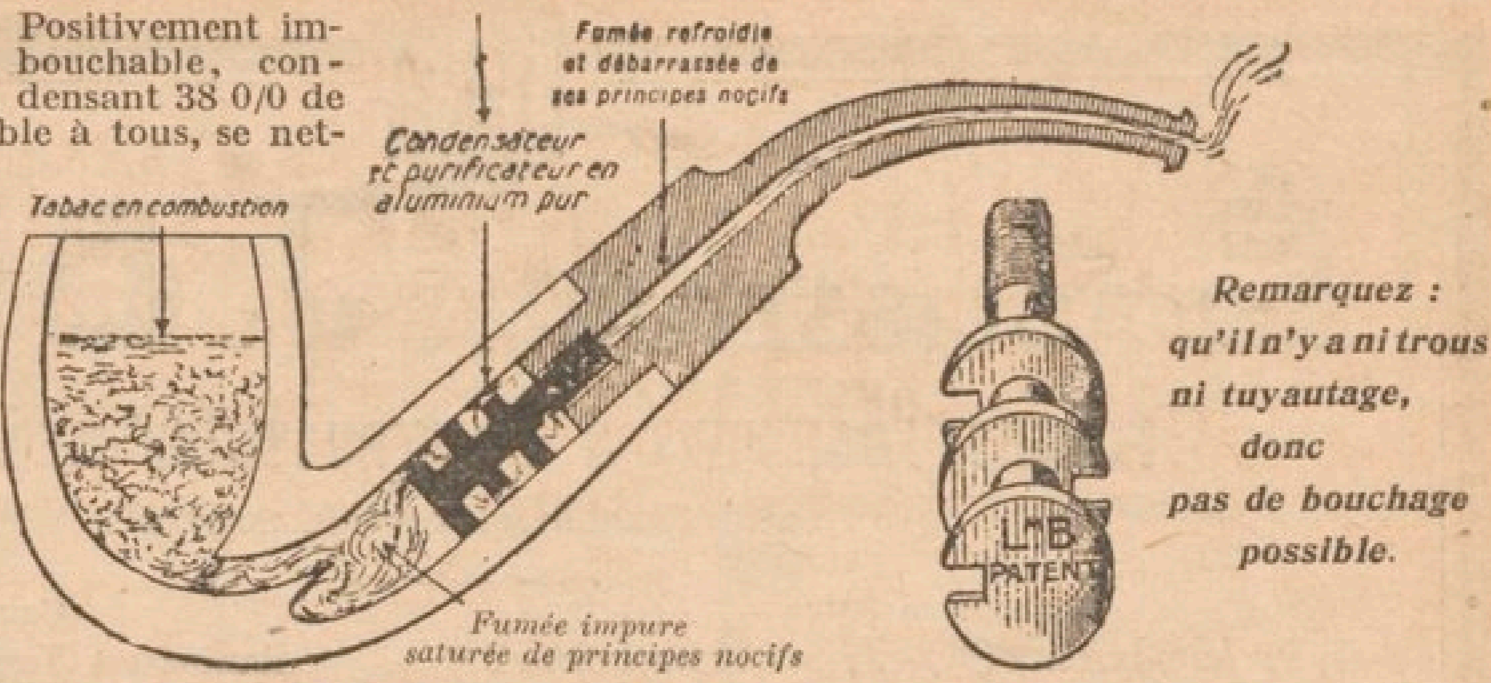
227, Boulevard Pereire, 227 - PARIS

Téléphone : WAGRAM 45-83

LA PIPE

Positivement imbouchable, condensant 38 0/0 de nicotine, donc saine et agréable à tous, se nettoyant automatiquement, se nomme la **PIPE L.-B. PATENT**. Approuvée à l'unanimité par la Société d'Hygiène de France, ses purs modèles anglais, d'une ligne impeccable et remarquablement finis, sont robustement taillés en plein cœur de vieille racine de bruyère odoriférante.

Curieuse brochure : *Ce qu'un fumeur doit savoir*, et la manière de choisir et soigner vos pipes :



Remarquez : qu'il n'y a ni trous, ni tuyautage, donc pas de bouchage possible.

Envoyée gratis par L.-B. PATENT PIPE, 182, Rue de Rivoli, Paris.

GRAND PRIX BRUXELLES 1910

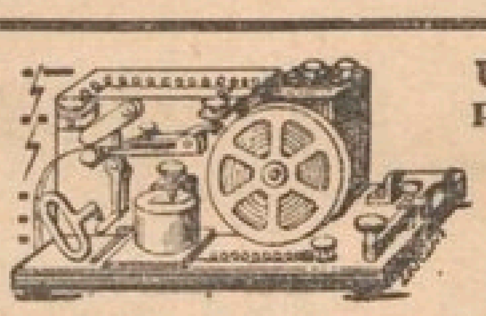
LE MEILLEUR, LE MOINS CHER DES ALIMENTS MÉLASSÉS

PAÏL'MEL

POUR CHEVAUX ET TOUT BÉTAIL

EXIGER LA MARQUE PAÏL'MEL M.L. TOURY

USINES A VAPEUR A TOURY (EURE ET LOIR)



UNE MERVEILLE pour l'étude de la

T. S. F.

Le RADIOPHONE
LESCLIN Brev. S.G.D.G.

permet d'apprendre sans difficulté la
la LECTURE au SON chez SOI en 1 MOIS
ainsi que la manipulation (*Nombreuses références*)

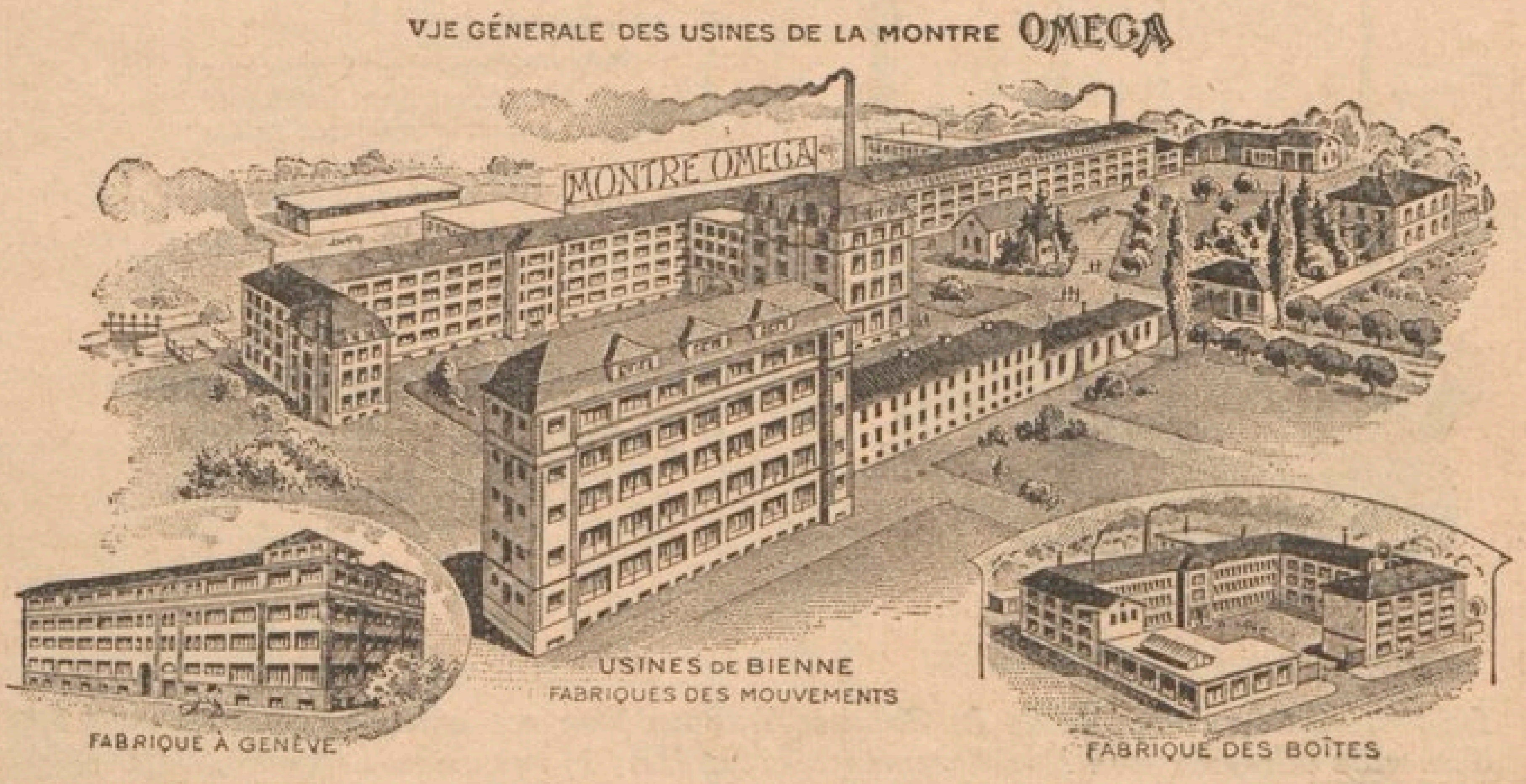
Envoi par **L'ECOLE RADIO, 69, Rue Fondary - PARIS-15e**

Etudes techniques à la portée de tous
Prép^on à tous les examens de T. S. F.
Pr bonnes situations : Postes, Génie, Marine, Cies de navigation, Colonies

COURS ORAUX soir et jour ou par correspondance. - Appareils de T.S.F.

Succès assuré en quelques mois
Depuis 5 ans, tous nos élèves ont été reçus aux examens officiels

---



PLUS DE 5 MILLIONS DE MONTRES DE PRÉCISION OMEGA SONT EN USAGE DANS LE MONDE ENTIER

BAB

ÉTABLISSEMENTS J. BÉHA

FORGES, FONDERIES & CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES

SOCIÉTÉ ANONYME CAPITAL 3.000.000

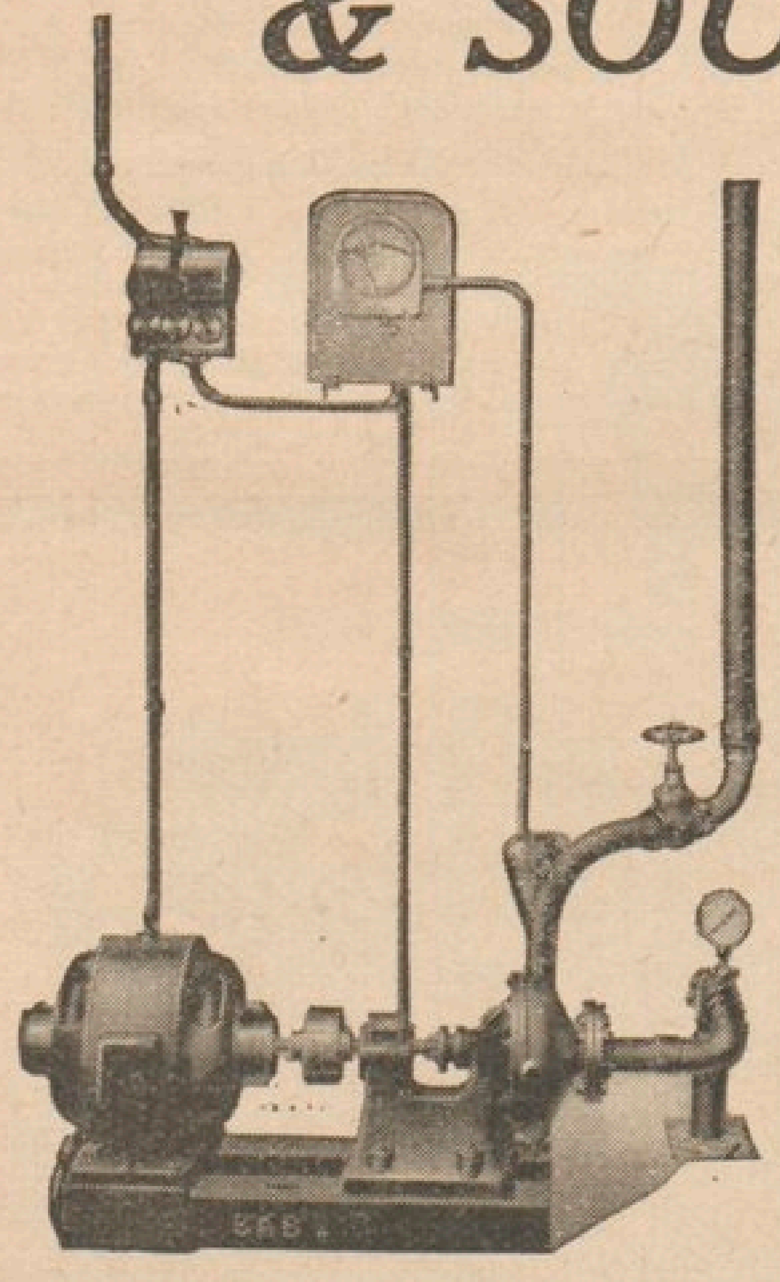
BUREAUX A PARIS
1, Rue Jules-Lefebvre (9e) - *Téléph.* : Louvre 14-72

USINES
Remiremont (Vosges) - Thann (Haut-Rhin)

L'EAU A VOLONTÉ & SOUS PRESSION

PAR LES

POMPES AUTOMATIQUES
sans réservoirs ni dispositifs spéciaux



Pompe automatique

Mise en marche et arrêt par simple ouverture et fermeture d'une quelconque des prises d'eau.

Pour l'Alimentation des Châteaux, Villas, Hôtels, Usines, etc., etc.

La Description complète de la Pompe Automatique est envoyée gratuitement sur demande adressée aux Établissements J. BÉHA, 1, rue Jules-Lefebvre, Paris (9e).
Demander également le Catalogue Général des

POMPES CENTRIFUGES

A HAUTE ET BASSE PRESSION

G. A. Valenciennes et Cie

SOCIÉTÉ DE

Constructions Navales du Sud de la France

Siège Social et Chantiers Navals à MARTIGUES (Bouches-du-Rhône)

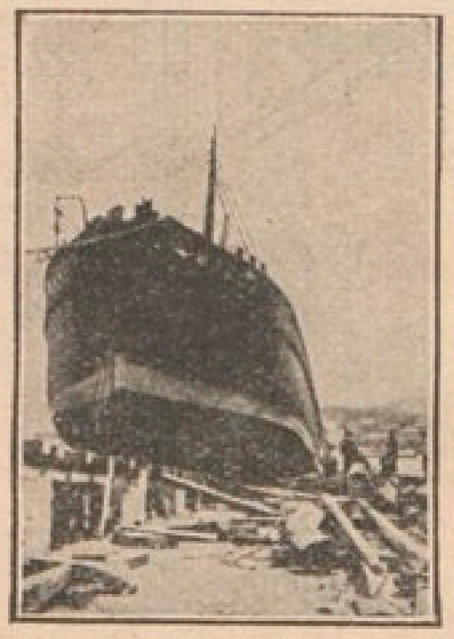
CONSTRUCTIONS NAVALES

Navires à Voiles, Mixtes et à Moteurs

Bateaux pour la grande pêche

Chalands - Pontons Embarcations de servitude

Canots automobiles Yachts



Télégrammes : Valenciennes-Martigues

Téléphone : Martigues 35

CONSTRUCTIONS MECANIQUES

Cargos, Chalutiers, Remorqueurs à Vapeur et à Moteurs

Moteurs Marins à huiles lourdes et à essence de toutes puissances

Halage, Réparations

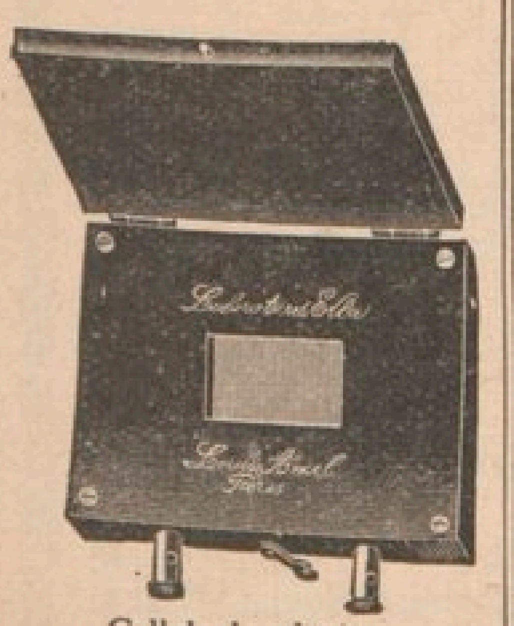
Louis ANCEL

INGÉNIEUR des ARTS et MANUFACTURES

Constructeur-Électricien

91, Boulevard Pereire - PARIS (17e)

Téléphone : Wagram 58-64



Cellule de sélénium

Télégraphie et Téléphonie sans fil.

Rayons X

Cellules de sélénium extra - sensibles pour toutes applications.

Construction et réparation d'appareils de laboratoire.

ENVOI FRANCO du Catalogue illustré contre 0 fr. 25 en timbres-poste français.

TUBES en FER et en ACIER soudés et sans soudure

pour l'Air, le Gaz, l'Eau, la Vapeur, Canalisations, Chaudières, Presses Hydrauliques, Chauffage à Vapeur et Eau Chaude.

SERRURERIE - CHAUDRONNERIE

RACCORDS ET BRIDES

Outillage pour Tubes

ROBINETTERIE GÉNÉRALE, VANNES pour toutes applications

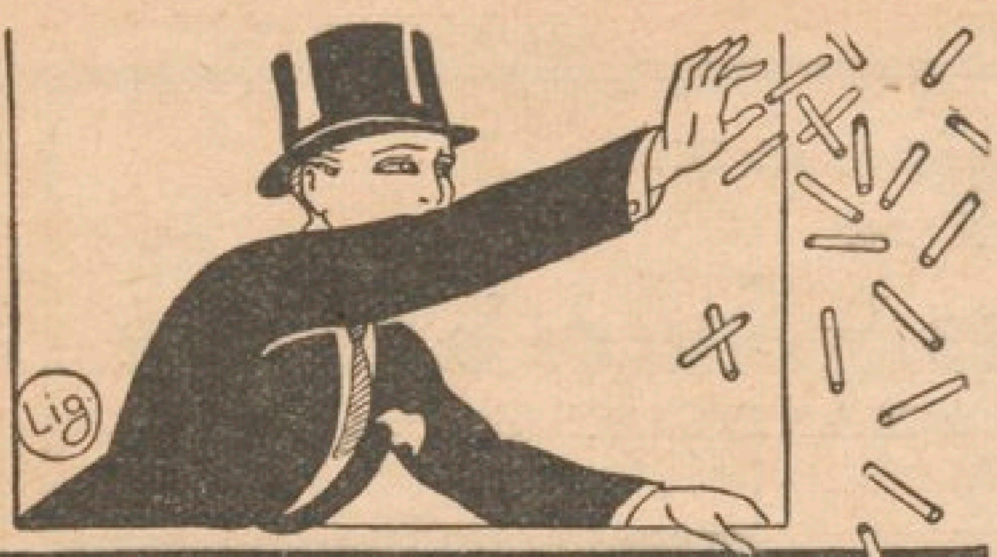
POMPES

Stock permanent.

E. SERGOT, P. MANEN et Cie

44, Rue des Vinaigriers, 44 - PARIS

Téléphone : Nord 35-97 et 75-68



Il jette son tabac par la fenêtre

celui qui ne se sert pas de la

Machine à faire les Cigarettes
LEMAIRE

nouveau modèle, qui permet une

économie de 50 0/0

grâce à laquelle la machine est rapidement remboursée

40 *cigarettes peuvent être faites avec un paquet de tabac de un franc.*

Demandez notice illustrée donnant tous renseignements au fabricant

L. DECHEVRENS, 150, rue de Rivoli,
PARIS

Les Classeurs
Les Dossiers

“ Le GRENADIER ”
sont les meilleurs !...

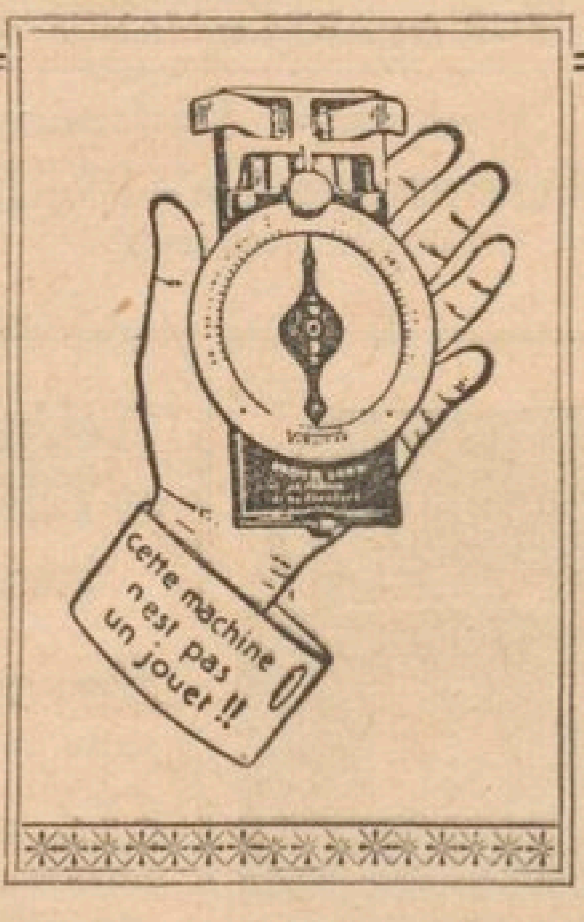
? Pourquoi ne les essayez-vous pas ?

René SUZÉ
9, Cité des Trois-Bornes
PARIS (XI^e)

Étrennes 1920

MACHINE A ÉCRIRE
FRANÇAISE

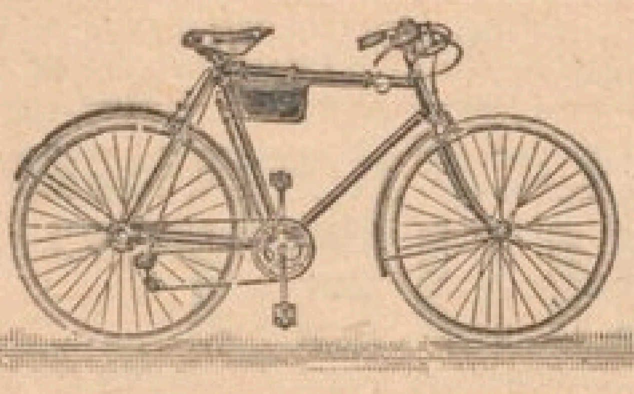
“VIROTYP”



Prix : ***Depuis*** **75 frs**

Notice franco sur demande

PARIS - 30, Rue de Richelieu, 30 - PARIS



LE CHEMINEAU

BICYCLETTE DE TOURISME

47, Av. de la République, ST-ÉTIENNE

Changement de vitesse. - 3 ou 6 vitesses en marche. - Se pose sur toutes les machines. -

CATALOGUE FRANCO

Grand Succès du *Circuit des Champs de bataille*, 2.000 kilomètres (Avril-Mai 1919) avec le coureur H. Ménager. - De *Bordeaux-Paris*, 590 kilomètres, avec le père Desvages, 53 ans. - Du *Tour de France*, 1919. - Du *Championnat des Vétérans* (1919), où le père Longuet, 71 ans, fait, grâce à son *Chemineau* 26 km. 300 de moyenne sur 50 kilomètres, etc., etc. - *Médaille et Diplôme du T. C. F.*

Agents Partout

A PARIS : 113, rue d'Alésia

CRAYONS VENUS

Les **CRAYONS VENUS** sont conformes à leur graduation. La qualité du **CRAYON VENUS** est invariable, sa fabrication irréprochable et les matières employées de tout premier choix. Quel que soit votre travail, les **CRAYONS VENUS** sont préférables à tous car ils sont faciles à tailler — ils sont absolument exempts de toute impureté et leurs traces disparaissent facilement à la gomme.

Graphite en 17 degrés du plus tendre (6 B) au plus dur (9 H) et 3 sortes de crayons à copier.

EN VENTE CHEZ TOUS LES PAPETIERS, Gds MAGASINS, etc.

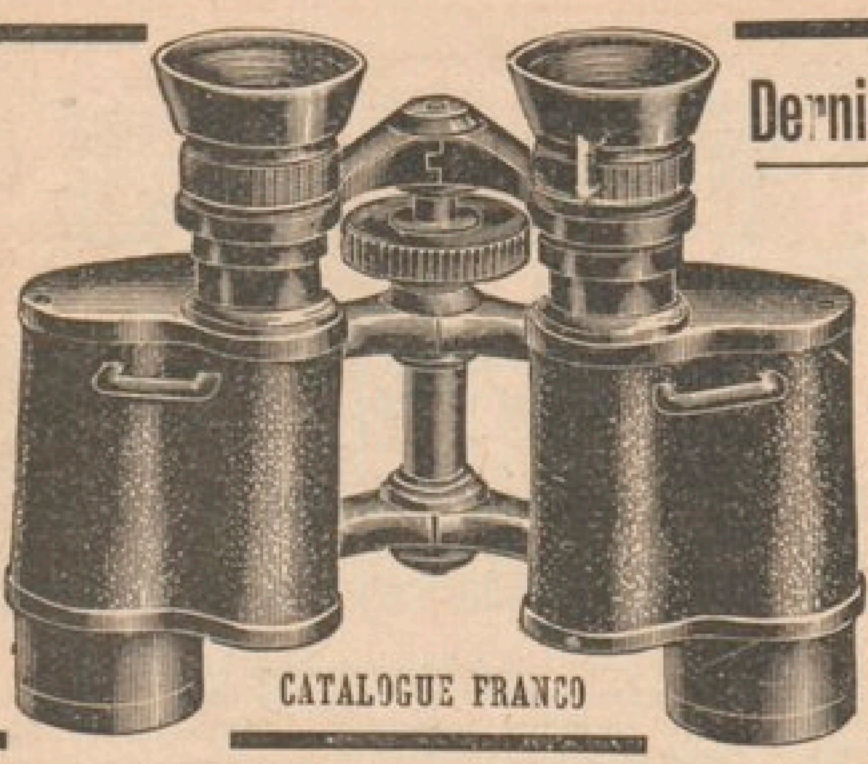
Sté du CRAYON VÉNUS
24, Boul^d Poissonnière
PARIS

"le crayon parfait"

RENAULT Billancourt (Seine)

Ses **Voitures** de 10 à 40 HP.
Ses **Camions** de 1.200 k^os à 7 T^nes
Ses **Tracteurs** à 4 roues motrices
Ses **Moteurs** de toutes puissances
Ses **Tracteurs** agricoles à chenilles

Les meilleurs
Les plus économiques



CATALOGUE FRANCO

Derniers Progrès de la Science OPTIQUE et MÉCANIQUE

JUMELLES A PRISMES

"HUET"

Série "POSTBELLUM"

Société Anonyme des Anciens Etablissements
HUET & Cie et Jumelles FLAMMARION
SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'OPTIQUE
76, boulevard de la Villette, PARIS

BURBERRYS

VÊTEMENTS IMPERMÉABILISÉS

POUR LA VILLE, LE VOYAGE ET LA CAMPAGNE

Le DB Belted Burberry

Les VÊTEMENTS BURBERRYS assurent le *maximum de protection* contre la pluie, le vent et le froid, en raison des *procédés spéciaux* employés pour le tissage et l'imperméabilisation de leurs étoffes. Celles-ci ne contiennent aucune parcelle de caoutchouc et sont par conséquent, d'une ventilation naturelle qui rend les vêtements parfaitement sains et très agréables à porter.

CATALOGUE et ÉCHANTILLONS FRANCO sur DEMANDE

10, Bd Malesherbes
P A R I S

Le Burberry de Marche

Machines à Écrire

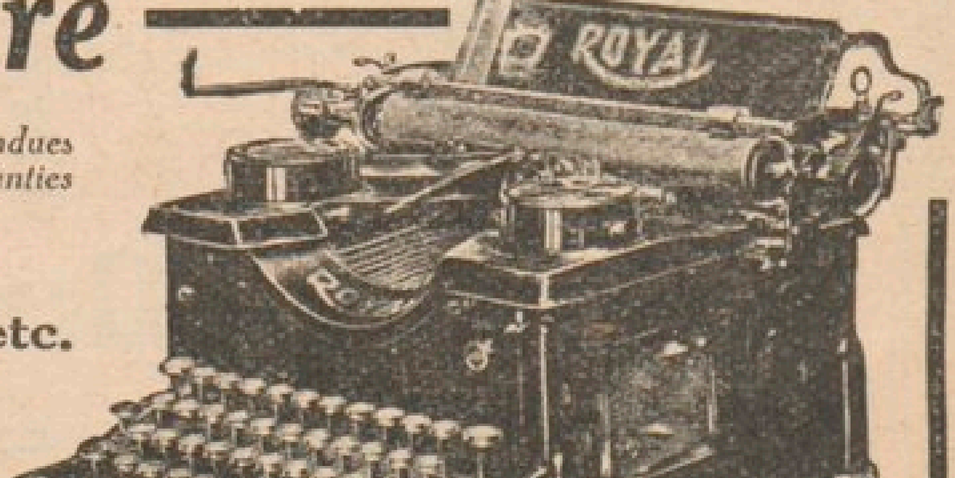
Remington
Underwood
Royal
Smith et Bros
Corona, etc., etc.

Vendues avec garanties

Réparations par Spécialistes

LOCATION MENSUELLE et ANNUELLE

Centralisations des Grandes Marques de Machines à Ecrire
94, r. Lafayette, Paris - *Tél.:* **Berg. 50-68** - *Catal. franco*



Inventions

POUR PRENDRE VOS BREVETS

Pour étudier la Valeur des Brevets auxquels vous vous intéressez. *Pour diriger vos procès en Contrefaçons.*

Office Josse

H. JOSSE ❊

Ancien Élève de l'École Polytechnique

17, Boulevard de la Madeleine, 17

PARIS

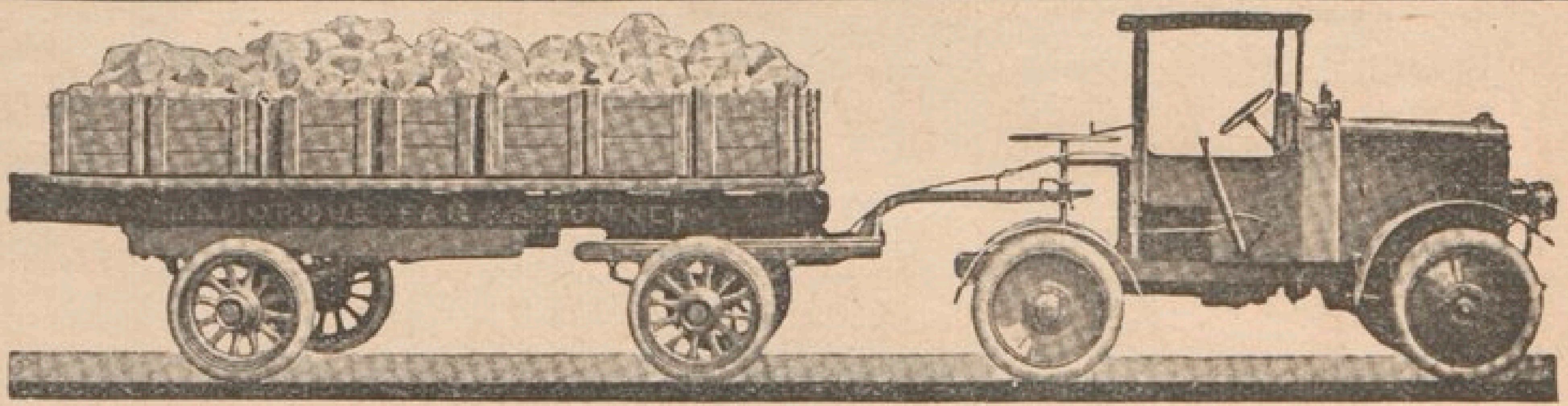
TRÉSORS CACHÉS

Toute Correspondance de Négociants, Banquiers, Notaires, Greffiers de paix et de Tribunaux, des années 1849 à 1880, renferme des Timbres que la maison **Victor ROBERT, 83, rue Richelieu** Paris, paye à ***prix d'or.***

Fouillez donc vos archives.

Renseignements et *Catalogue Timbres poste* sont envoyés franco gratis à toute demande.

Achète cher les Collections.



TRAIN FAR

BREVETÉ S.G.D.G.

Comprenant

1 TRACTEUR LÉGER CHENARD ET WALCKER

à adhérence réglable par attelage FAR

1 REMORQUE AR

CHARGE UTILE

4 tonnes sur tous parcours

5 tonnes en côte de 8 0/0

7 tonnes en palier

PRIX : 28.000 francs - Sans pneus

Concessionnaires exclusifs : **LAGACHE, GLASZMANN et Cie**

REMORQUES - CARROSSERIES

71, Grande-Rue, 71 - MONTROUGE (Seine) - *Téléph. :* **Saxe 39-45**

COMMERÇANTS INDUSTRIELS

Évitez-vous tous soucis

Vous qui pensez à vous retirer des affaires

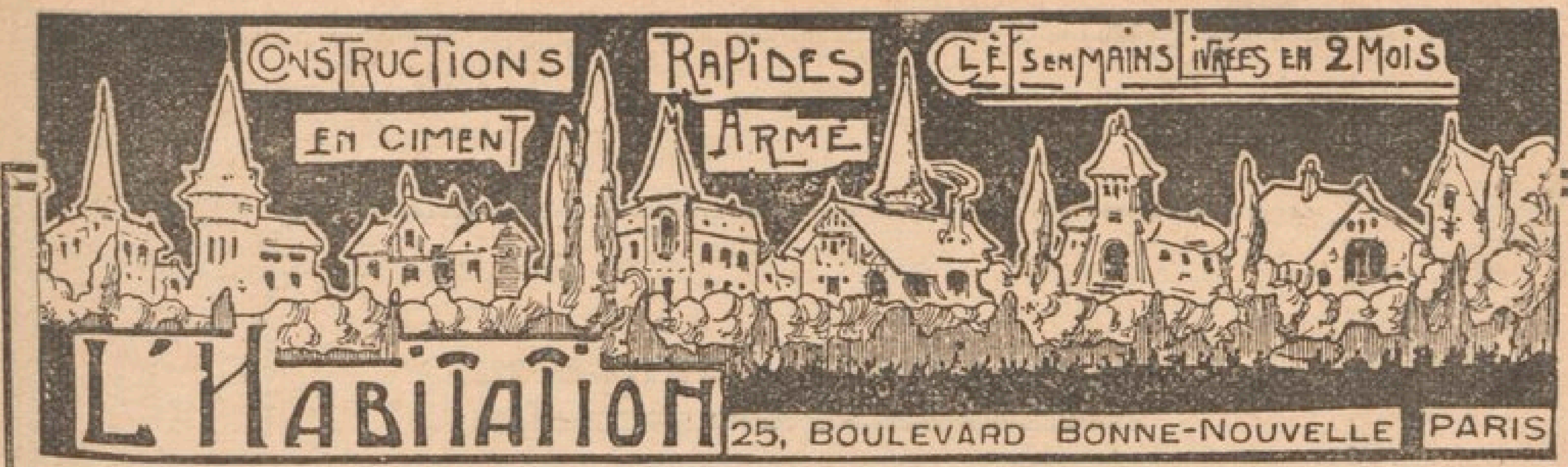
Pour le choix d'un Successeur

Adressez-vous à

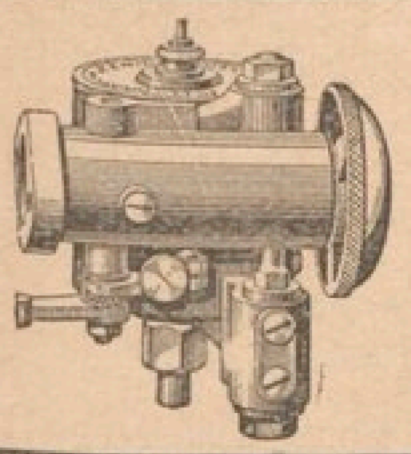
PAUL MASSON (Cabinet H. PAUL)

30, Faubourg Montmartre. - Téléph. : Gut. 03-97

Carburateur
CLAUDEL
DROIT AU BUT
QUELQUES PERFORMANCES :
1res Traversées de l'Atlantique sur avion et dirigeable ;
Essais officiels de vitesse du 29 Septembre 1919 : 298k500 à l'heure sur monoplace.
Le Carburateur Universel CLAUDEL 1920
est actuellement le carburateur
LE PLUS { pratique économique
Parce qu'
1° Il peut s'adapter immédiatement sur tous moteurs ;
2° Il peut se démonter instantanément en agissant sur un simple bouton, qui libère immédiatement gicleur, cuve, pointeau, flotteur ;
3° Il garde tous les avantages de puissance intégrale et d'économie du carburateur vertical tout en ayant les commodités du carburateur horizontal.
Carburateur CLAUDEL
(LEVALLOIS-PERRET)
Téléph. : Wagram 46-82



L'Ouvrage de l'Habitation Permet de construire soi-même sa maison. — 200 études de plans, coupes, élévations, devis, de maisons exécutées dans toutes régions de France. — *Expédié contre mandat-poste de* .. .. **16 francs**

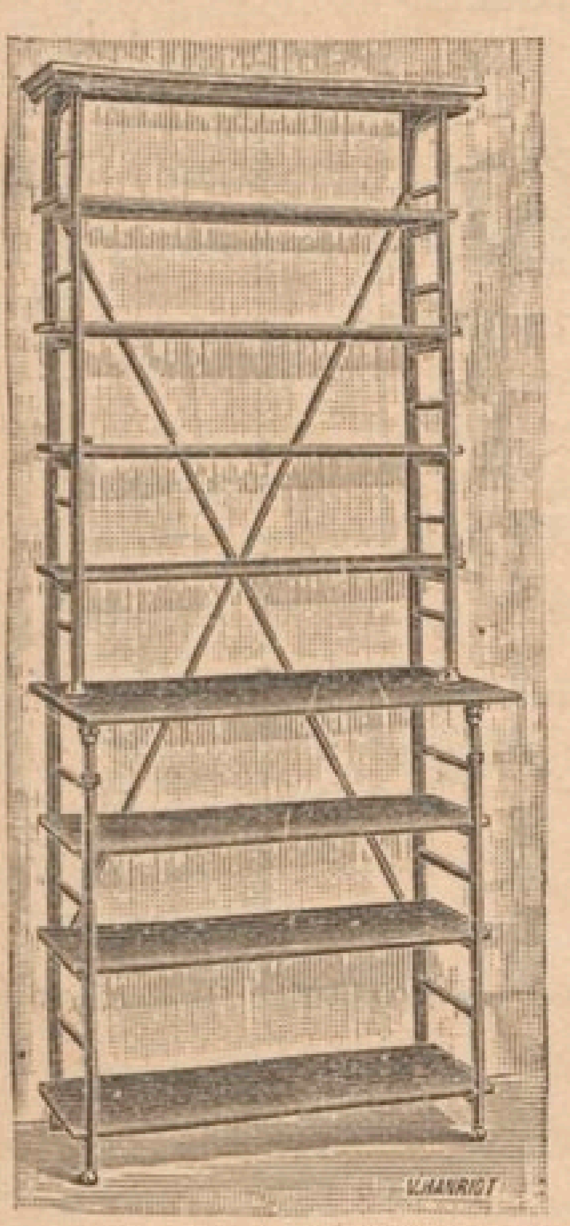


LYON - 51, Chemin-Feuillat
Paris, Londres, Milan, Turin, New-York, Détroit Chicago, Bruxelles, Genève.

Le Carburateur ZÉNITH
double la valeur d'une voiture

En augmentant sa puissance
En augmentant sa facilité de conduite
En diminuant sa consommation d'essence

Gagner du TEMPS c'est..... S'ENRICHIR !
Ayez vos Livres **toujours en ordre** dans la



Bibliothèque SCHERF
Légère = Solide = Démontable

NOMBREUX MODÈLES -:- TOUTES DIMENSIONS
LOGE BEAUCOUP DE LIVRES SOUS PETIT VOLUME
RAYONS DÉMONTABLES POUR MAGASINS

Th. SCHERF fils, BONNAMAUX & Cie
35, Rue d'Aboukir, 35 - PARIS (2me)

ÉTABLISSEMENTS R.E.P.
Chemin de Croix-Morlon, à Saint-Alban
LYON

NOUVEAU CATALOGUE "No 2" FRANCO SUR DEMANDE

LA MARQUE FRANÇAISE

CHRONOMÈTRES

LIP

MONTRES DE PRÉCISION

SEPT GRANDS PRIX - HORS CONCOURS

COUPE DE LA CHRONOMÉTRIE FRANÇAISE

200 Médailles d'Or et Premiers Prix de réglage aux Concours chronométriques de l'Observatoire de Besançon.

CHRONOGRAPHES

employés pour le réglage des tirs par les armées françaises et alliées pendant la guerre européenne.

BRACELETS-MONTRES EN PLATINE

décors joaillerie et en tous genres

EN VENTE chez les BONS BIJOUTIERS-HORLOGERS

Exiger la marque **LIP** sur chaque cadran

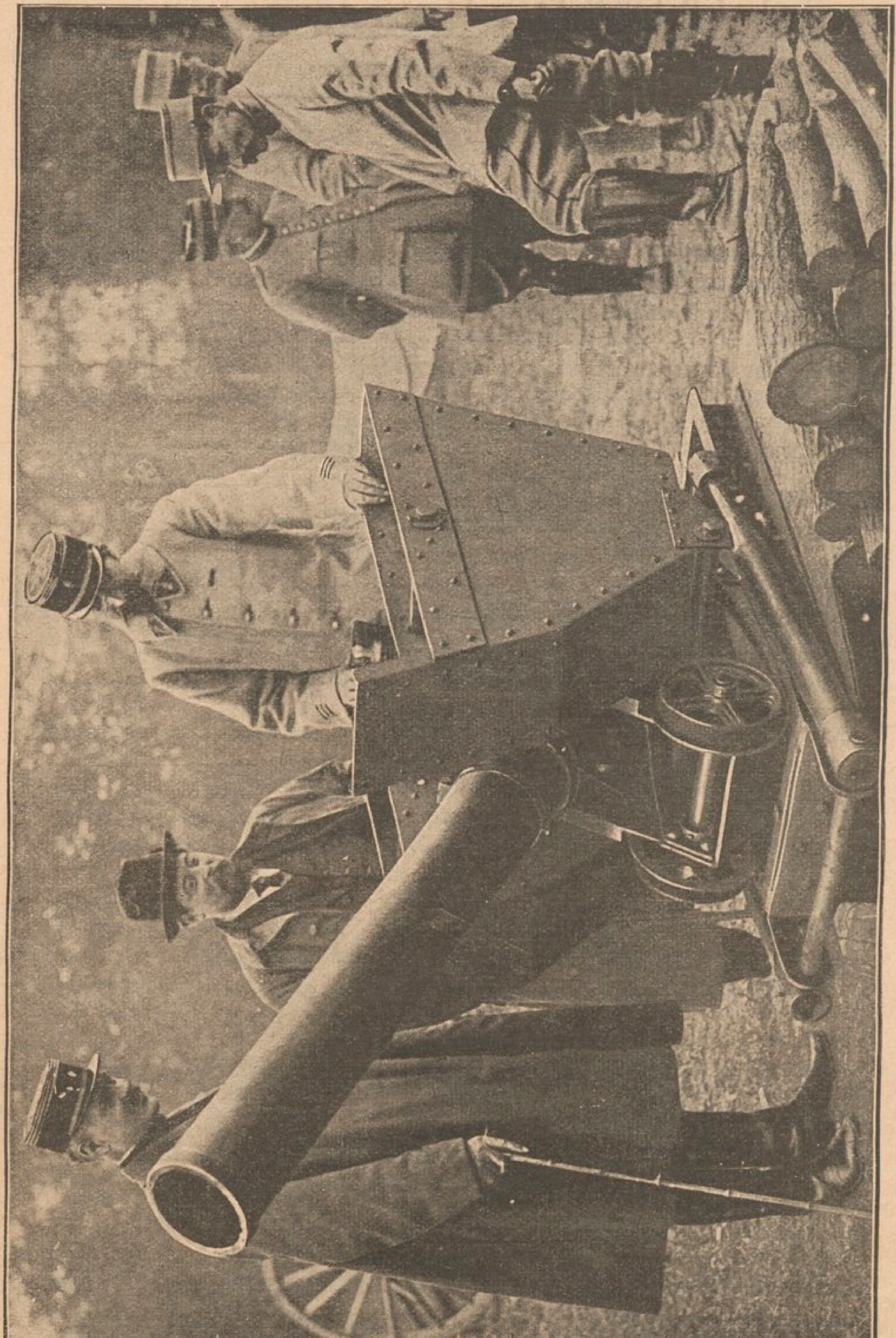
N° 48. # SOMMAIRE Tome XVII.

(DÉCEMBRE 1919-JANVIER 1920)

Les inventions réalisées pour la défense nationale.	J.-L. Breton .. .. Ancien sous-secrétaire d'Etat des Inventions.	15
Les rayons infra-rouges assurèrent au front le secret des communications militaires..	René Brocard.	19
Les systèmes et appareils de télégraphie rapide.	André Crober..	27
Le volcanisme expérimental.	Eugène Rambert	41
La photographie trichrome et ses applications à l'illustration en couleurs.	L.-P. Clerc.	51
Travaillé par diverses machines, le caoutchouc brut devient un pneumatique	Maurice Regalier..	63
Comment fonctionne un laboratoire de police technique.	Dr E. Locard .. .. Directeur de Laboratoire de police technique de Lyon.	73
La fabrication des montres exige des mécaniciens émérites.	Jacques Boyer.	83
Grâce à ce petit appareil, l'eau des réservoirs ne gèlera plus.	.. ..	96
Les transformateurs électriques..	Carle Joubault .. .. Ingénieur électricien	97
Le chauffage par l'électricité des chaudières à vapeur et des locaux industriels..	G. Feucherolles	115
L'enveloppage et l'empaquetage mécaniques du chocolat, des biscuits, etc.	F. Ragondeau	125
Les essais de résistance des caisses d'emballage en bois.	V. Beautreillis..	133
Une école d'acrobatie aérienne en chambre.. ..	.. ..	138
L'évolution du radiateur d'auto	Paul Meyan	139
Une machine perfectionnée pour le découpage rapide des tôles..	Justin Rivoire.	148
Les richesses houillères des Etats-Unis	Robert Dorimon..	151
Une table de multiplication automatique.	.. ..	158
La division de la charge pour les transports sur route..	.. ..	159
L'incidence variable constituerait, pour les avions, un progrès appréciable.	Georges Houard..	161
La circulation d'eau dans les tubes de chaudières.	Ct Alfred Poidloüe	165
Un garage que l'automobiliste aimerait trouver à sa porte	Frédéric Matton	177
Nouvelle lampe électrique portative sans pile. ..	.. ..	180
Une fiche de contact très pratique.	.. ..	181
Où dame Nature se transforme en une « cuisine populaire »..	.. ..	182
Voyager devient un plaisir	.. ..	183

CE NUMÉRO NE CONTIENT PAS DE CARTE EN COULEURS HORS TEXTE

Sa couverture montre dans quelles conditions confortables on traversera l'Atlantique en avion géant, dans quelques années.



LE FAMEUX CANON JOUHANDEAU-DESLANDRES (LE J.-D.) DONT LE SECRET FUT GARDÉ PENDANT TOUTE LA DURÉE DE LA GUERRE

LA SCIENCE ET LA VIE

MAGAZINE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS A LA VIE MODERNE

Rédigé et illustré pour être compris de tous

Depuis la guerre, paraît tous les deux mois. — Abonnements : France, 11 francs. Étranger, 18 francs
Rédaction, Administration et Publicité : 13, rue d'Enghien, PARIS — Téléphone : Bergère 37-36.

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays.
Copyright by La Science et la Vie *Décembre 1919.*

Tome XVII | Décembre 1919-Janvier 1920 | Numéro 48

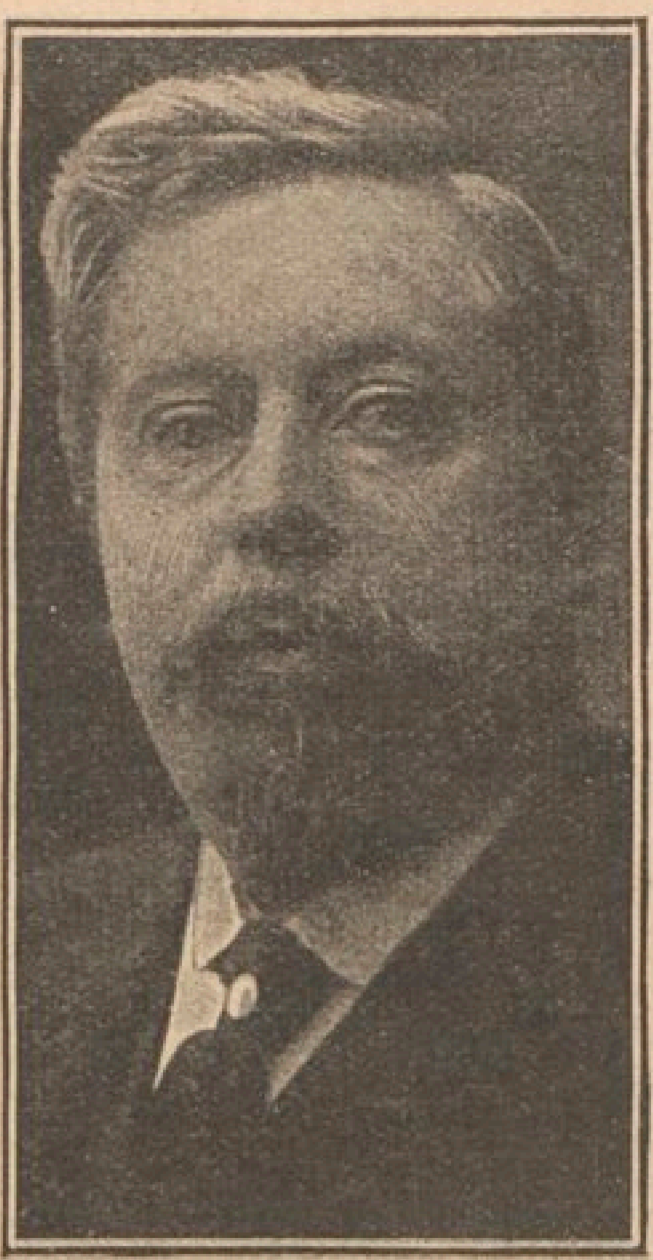
LES INVENTIONS RÉALISÉES POUR LA DÉFENSE NATIONALE

Par J.-L. BRETON

ANCIEN SOUS-SECRÉTAIRE D'ÉTAT DES INVENTIONS, DES ÉTUDES ET DES EXPÉRIENCES TECHNIQUES

Parmi les multiples problèmes que la guerre imposa dès le premier jour à l'attention de notre pays, l'un des plus pressants et des plus graves fut de fournir à nos admirables armées un matériel de jour en jour plus formidable, des moyens techniques qui fussent de jour en jour en progrès, grâce aux innovations de la science moderne. De là vint la nécessité de grouper derrière la muraille vivante du front une cohorte de chercheurs et de savants, créant et perfectionnant au laboratoire et sur les champs d'expériences les engins qui aidèrent nos magnifiques soldats à lutter et à vaincre.

Mais il importait de fondre en une seule harmonie les efforts qui, bien souvent, isolés, se cherchaient sans parvenir à se joindre ; il importait que la science pure ne se tînt pas à l'écart des réalisations pratiques de l'industrie et que l'idée originale ne restât pas stérile, faute de savoir trouver le secours de l'expérience et les ressources matérielles qui, seules, pouvaient lui faire porter des fruits. Il fallait coordonner les bonnes volontés, et ce fut l'œuvre que M. Painlevé, ministre de l'Instruction publique, et les ministres de la Guerre et de la Marine, conférent, dès le 13 novembre 1915, à la Direction des Inventions, à laquelle on rattachait la Commission supérieure des Inventions, instituée le 11 août 1914.



M. J.-L. BRETON

L'exposé des motifs du décret assignait au nouvel organisme la tâche suivante : « Orienter vers des buts précis les tentatives des inventeurs et aider leurs recherches, démêler dans la multitude des propositions celles qui sont susceptibles d'être efficaces et collaborer à leur réalisation pratique. »

Toutes les ressources du génie inventif français devaient être utilisées par la nouvelle direction et entrer, grâce à elle, en liaison intime avec les organes compétents et les divers départements ministériels.

La Direction des Inventions comprit dès lors une dizaine de sections, dont les membres étaient des techniciens éprouvés, officiers mobilisés ou collaborateurs civils bénévoles. Ses représentants suivirent les essais

de mise au point des inventions retenues comme intéressant la défense nationale.

Le 14 décembre 1916, la nouvelle direction, rattachée fort judicieusement au ministère de l'Armement et des Fabrications de guerre, devint le sous-secrétariat d'Etat des Inventions susceptibles d'intéresser la défense nationale.

Le 14 avril 1917, cet organisme prit le nom de sous-secrétariat d'Etat des Inventions, des Etudes et des Expériences techniques, et un nouveau décret plaça sous son autorité directe les différents services techniques du ministère de l'Armement. Cet organisme comprit alors :

1° La Commission supérieure des Inventions et les commissions régionales ;

2° La Direction des Inventions, des Etudes et des Expériences techniques de l'artillerie, avec la Section technique de l'artillerie et les Commissions d'Expériences de Bourges, de Calais, de Versailles et de Montgeron ;

3° La Direction des Inventions, des Etudes et des Expériences techniques des armes portatives ;

4° La Direction des Inventions, des Etudes et des Expériences techniques des poudres et des explosifs avec le Laboratoire central des Poudres ;

5° La Direction des Inventions, des Etudes et des Expériences techniques de l'automobile avec les sections techniques de l'Automobile et de l'Artillerie d'assaut ;

6° La Direction des Inventions, des Etudes et des Expériences scientifiques, comprenant les sections de l'ancienne Direction des Inventions ;

7° La Mission d'essais et le Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers, qui en dépendait ;

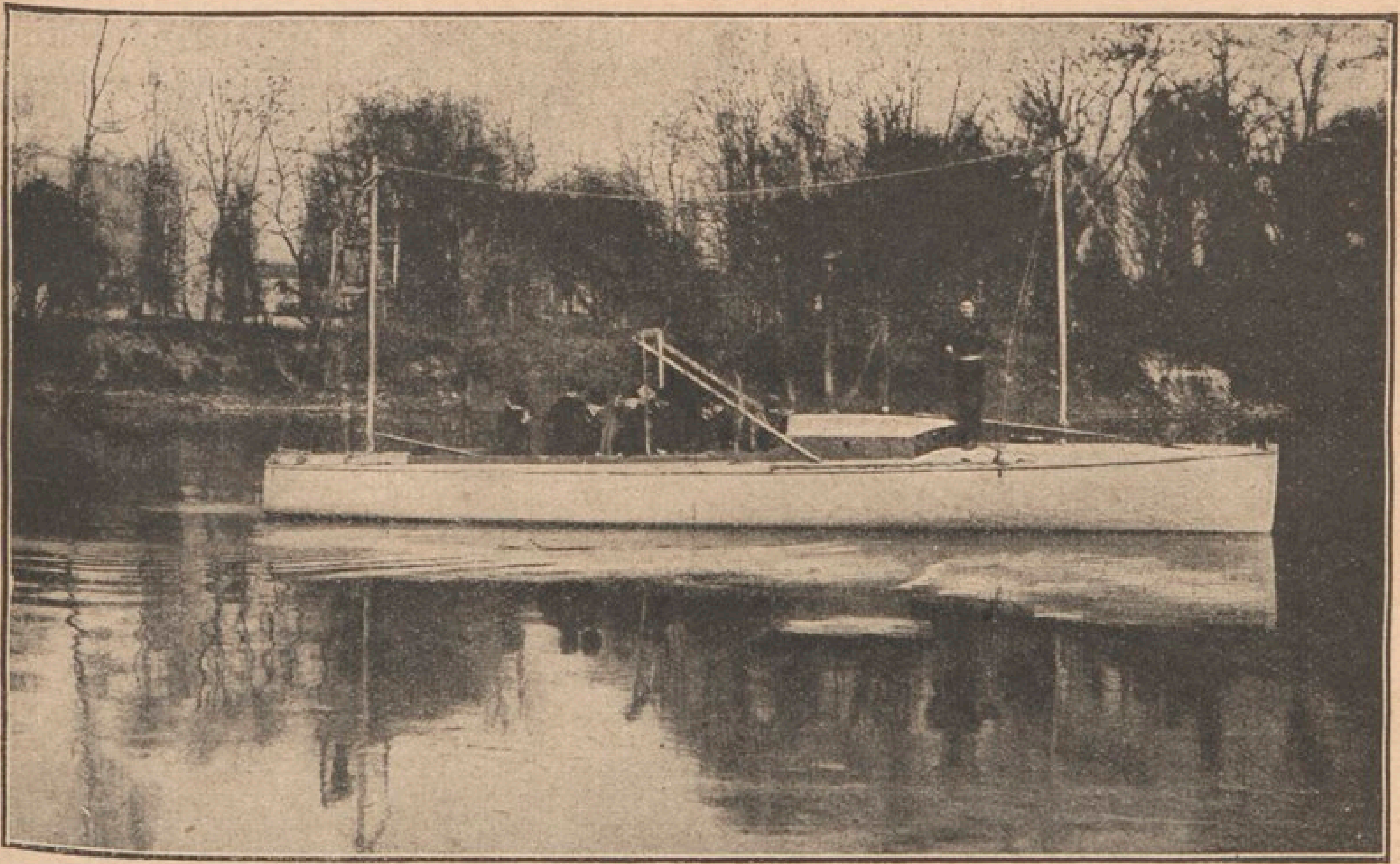
8° Le Comité interallié des Inventions, composé des représentants des nations alliées assurant la liaison et l'échange des inventions reconnues intéressantes ;

9° Les Services annexes des ateliers, de la comptabilité et du matériel, de photographie et cinématographie technique, des brevets, etc...

Le 12 septembre 1917, le sous-secrétariat d'Etat des Inventions, des Etudes et des Expériences techniques était rattaché au ministère de la Guerre avec l'ensemble de ses services. Il continuait à diriger les services techniques dépendant du ministère de l'Armement, par délégation directe de ce ministre, et la section technique du génie était également placée sous son autorité directe.

Le 20 novembre, des raisons d'ordre politique firent supprimer le sous-secrétariat d'Etat. Ses services au grand

LE VÊTEMENT IMPERMÉABLE DU PROFESSEUR RICHET EXPÉRIMENTÉ EN PRÉSENCE DU SOUS-SECRÉTAIRE D'ÉTAT DES INVENTIONS, QUE L'ON VOIT DANS LE BATEAU



ESSAIS D'UN BATEAU DIRIGÉ PAR LES ONDES HERTZIENNES RADIÉES D'UN AÉROPLANE

revinrent au ministère de l'Armement où, sous le nom de Direction des Inventions, des Etudes et des Expériences techniques, ils conservèrent en fait exactement les mêmes attributions.

Enfin, par le décret du 16 avril 1919, la Direction des Inventions fut rattachée au ministère de l'Instruction publique, où elle avait pris naissance, et elle s'appela Direction des Recherches scientifiques et industrielles et des Inventions.

Au cours des années de guerre, la tâche de nos services d'inventions fut considérable. Il s'agissait de discerner les inventeurs qui pouvaient apporter un concours utile à la défense nationale, d'examiner avec la plus grande largeur de vue l'idée intéressante qu'ils fournissaient, souvent noyée dans une documentation informe ou erronée ; il fallait leur procurer les indications, les suggestions leur permettant de suivre, avec le minimum de tâtonnements et de lenteurs, l'amélioration de leurs découvertes.

Plus encore, il fallait leur prêter les moyens d'action nécessaires à l'étude et à l'expérimentation de l'appareil conçu parfois plus ou moins vaguement par eux ; notre salle de dessin et nos ateliers de Sèvres et de la rue de l'Université étaient alors grands ouverts à ces inventeurs.

Les services d'inventions eurent résolument recours aux procédés nouveaux, aux méthodes modernes qui s'imposaient, plus que partout ailleurs, dans des services techniques chargés d'orienter notre organisme militaire dans la voie du progrès scientifique. Les résultats répondirent largement aux espoirs que nous avions fondés sur notre nouvel organe.

Du début de la guerre à l'armistice, la Commission supérieure des Inventions a reçu et examiné 44.976 propositions, sur lesquelles 1.958 ont été retenues par elle. Depuis la création, le 13 novembre 1915, de la Direction des Inventions, jusqu'à l'armistice, 35.313 inventions furent reçues, dont 1.654 furent transmises aux sections d'inventions de la Direction.

La Direction des Inventions, après étude par ses sections, a, pendant ce même laps de temps, transmis aux services techniques intéressés 781 inventions entièrement mises au point et susceptibles d'applications immédiates. Ces chiffres montrent bien quels services cet organisme a pu rendre à la défense nationale aux heures les plus difficiles.

Quelques exemples suffiraient à montrer dans combien de domaines variés s'exerça l'activité de nos sections d'études Mais, quelque intérêt qu'il puisse y avoir à s'étendre sur de telles inventions, qu'il me suffise de dire qu'il en est parmi elles

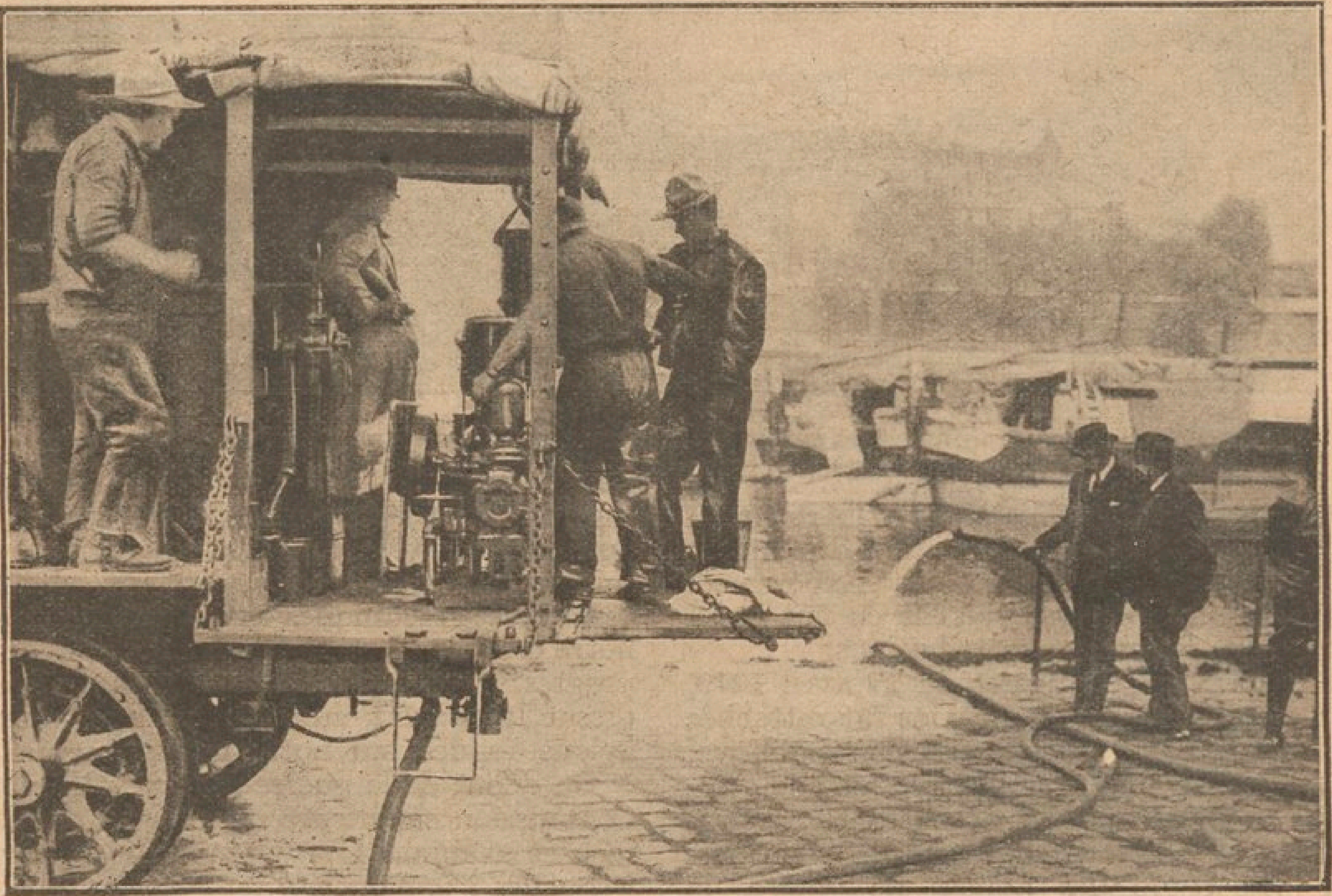
un grand nombre dont la valeur n'a pas disparu avec la guerre, et dont un parti énorme pourra être tiré dans notre reconstitution agricole et industrielle.

Maintenant que l'âpre compétition a cessé sur les champs de bataille, maintenant que le désir des peuples est de voir reléguer à jamais, espérons-le, tout le meurtrier attirail que nos services d'inventions ont largement contribué à rendre prépondérant, le rôle de ces services n'est pourtant pas fini. Notre science doit rester en haleine, toujours active à nous maintenir en avant parmi les nations qui, chaque jour, s'arment plus puissamment pour les luttes économiques. A l'heure où les gouvernements de nos amis et alliés transforment et organisent avec une extension nouvelle leurs services d'inventions, nous ne pouvons cesser notre effort de cohésion dans les recherches scientifiques. Qu'il me soit permis de citer l'opinion qu'exprimait l'an dernier, dans un de ses rapports, toujours si clairvoyants et de si haute portée, M. Louis Marin, alors rapporteur général de la Commission du Budget :

« Quel que soit, écrivait M. Louis Marin, dans son rapport du 13 mars 1919, le désir, très compréhensible dans l'opinion, de voir disparaître un certain nombre de services de guerre, il est plusieurs organes administratifs, créés à l'occasion de la guerre, qui doivent être conservés précieusement, avec adaptation à l'état de paix, parce qu'ils ont, dans la paix, un rôle des plus importants à jouer.

« Tels nous paraissent nos services d'inventions, parfaitement organisés. Dans les sociétés modernes, si complexes, où le travail est spécialisé souvent avec étroitesse, l'invention, qui nécessite toujours la perception de relations entre les idées jusque-là lointaines, n'en est que plus difficile à réaliser et à mettre au point.

» Nulle plus que la nation française n'est douée pour l'invention, universelle, incessante et rapide. L'histoire des inventions en est la preuve, au cours de cette guerre, notamment. Elle montre aussi, malheureusement, que, si la plupart des grandes inventions sont d'origine française, c'est l'étranger qui, pratiquement et commercialement, les a, d'abord, mises



UN POSTE MOBILE DE STÉRILISATION D'EAU AMENÉ EN FRANCE PAR LES AMÉRICAINS EST EXPÉRIMENTÉ DEVANT UNE COMMISSION DE LA DIRECTION DES INVENTIONS

au point, et en a profité pécuniairement dans une large mesure.

» On a fondé des sociétés privées qui ont pour but de faciliter leur tâche aux inventeurs. Un service d'Etat n'en est pas moins nécessaire pour que ces sociétés elles-mêmes puissent se développer ; la confiance, qui est pour l'inventeur la base de toute collaboration, n'est pas toujours accordée par lui à des sociétés particulières qui ont des intérêts privés à développer ; nombre d'inventions les plus utiles n'ont, d'ailleurs, chance de trouver d'appui, à raison de leur caractère désintéressé, que chez de trop rares philanthropes ou auprès des pouvoirs publics, toujours prêts à les accueillir. »

Tel a été l'avis du Parlement ; la Chambre des députés a voté l'an dernier un projet de loi prévoyant le rattachement de la Direction des Inventions à un Office national des Recherches scientifiques, industrielles et agricoles et des Inventions. Cet office a pour objet de poursuivre l'œuvre de perfectionnement technique où la guerre nous a engagés, et d'assurer la liaison, si inéluctablement nécessaire, entre le laboratoire du savant et l'atelier de l'industriel.

J.-L. BRETON.

Les rayons infra-rouges assurèrent au front le secret des communications militaires

Par René BROCARD

Au nombre des inventions et découvertes qui se développèrent au sein des services dirigés par M. J. L. Breton ou par M. le général Ferrié (le Sous-secrétariat des Inventions et la Radiotélégraphie militaire travaillèrent maintes fois en étroite collaboration) au nombre de ces inventions et découvertes, dis-je, s'est trouvée une méthode nouvelle de télégraphie militaire que l'on a baptisée : *Signalisation par rayons infra-rouges*. Elle est due en partie à M. Charbonneau et surtout, en ce qui concerne tout au moins sa forme définitive, à MM. Hébert-Stevens et Larigaldie, modestes sapeurs du génie, qui trouvèrent auprès de M. le général Ferrié une aide efficace autant qu'une extrême bienveillance.

Née de la guerre, cette télégraphie nouvelle survivra cependant à la guerre, et, pour cette raison, elle n'en mérite que davantage d'être présentée aux lecteurs de ce magazine.

LA RÉCEPTION AU SON D'UN MESSAGE INFRA-ROUGE

Les signaux, codifiés au Morse, sont reçus par l'opérateur absolument comme s'il s'agissait de messages de T. S. F.

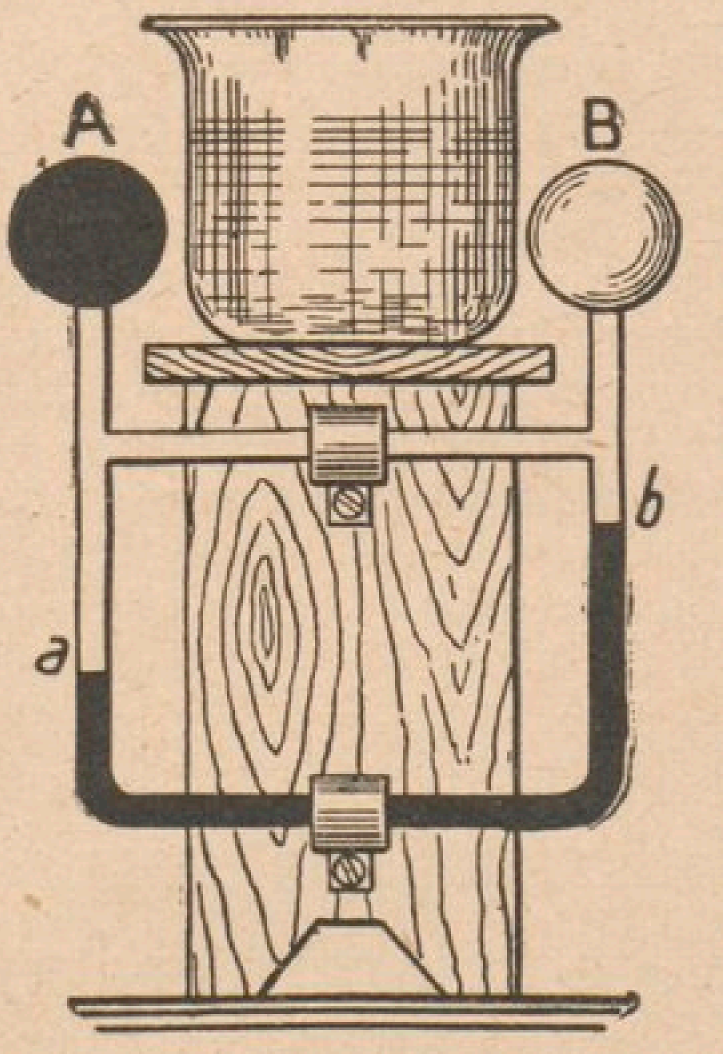
Auparavant, toutefois, quelques lignes sur les rayons ou ondes infra-rouges qui, avec les ultra-violets, forment ce qu'on appelle *la lumière invisible* (invisible pour nos yeux, mais pas pour ceux de tous les êtres vivants) ne semblent pas inopportunes.

Les ondes qui se trouvent au delà de l'extrémité rouge du spectre sont invisibles pour nous parce que leurs longueurs d'ondes sont plus grandes que toutes celles auxquelles les nerfs de l'œil sont sensibles, ou, ce qui revient au même, parce que leur fréquence est trop faible pour être perçue par nos organes visuels. Il est donc des lumières que l'œil ne voit pas, comme il est des sons que l'oreille n'entend pas ; ce sont, en somme, des lumières *trop aiguës* ou *trop graves*.

Les ondes infra-rouges sont l'une des manifestations de l'état vibratoire que prennent les corps, au moment où ils

ne sont plus au zéro absolu (—273° C. environ) c'est-à-dire à la température qui correspond à l'état de repos complet. Tout corps vibrant émet des ondes (théorie de Maxwell) qui se propagent en tous sens suivant les rayons d'une sphère. A mesure que s'élève la température du corps, ces ondes sont plus nombreuses dans l'unité de temps et, par conséquent, plus courtes; en deçà et au delà de certaines limites, leurs propriétés changent.

Aux températures inférieures à celles auxquelles nous sommes accoutumés, les vibrations des corps ne se manifestent généralement pas par des phénomènes apparents; par contre, lorsque la température est appréciable pour nous (elle est alors énorme, en réalité, puisque le zéro de notre thermomètre correspond à + 273 degrés) et jusqu'aux environs de 500° C. elles donnent naissance à des ondes parfaitement décelables, les ondes infra-rouges. Au delà de 500° C., il n'est plus besoin d'instruments spéciaux pour déceler ces ondes, car elles sont pour nous de la lumière rouge; à des températures encore plus élevées, elles produiraient de la lumière blanche et, à nouveau, redeviendraient obscures (ondes ultra-violettes).

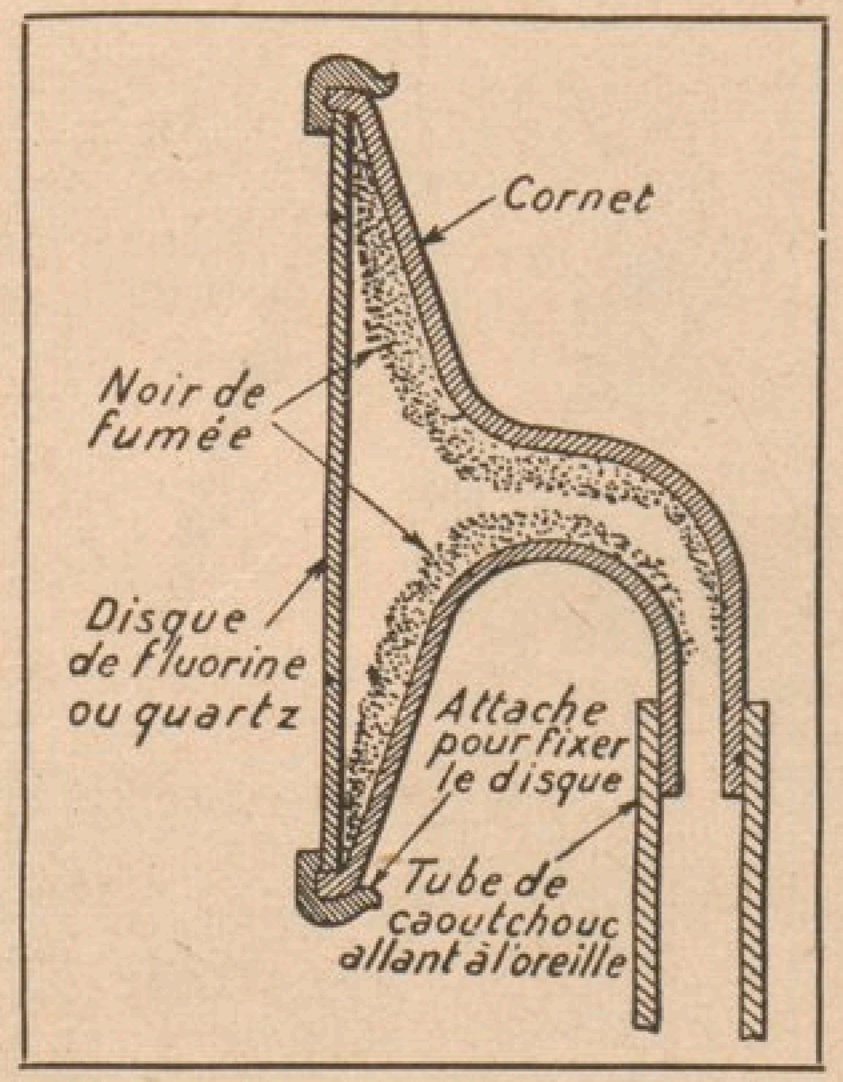


Si un vase d'eau chaude est placé à égale distance de deux boules réunies par un tube contenant du mercure, la boule A, *noire et mate, absorbera beaucoup plus de chaleur que la boule dorée et polie* B, *et la différence entre les niveaux* a *et* b *accusera les degrés respectifs du pouvoir absorbant de* A *et de* B.

La principale action physique produite par les ondes infra-rouges est d'échauffer les objets sur lesquels elles tombent. C'est pour cette raison qu'on leur donne parfois le nom d'ondes *calorifiques*. Mais, comme elles n'échauffent pas le milieu au travers duquel elles se propagent, on les qualifie aussi de *chaleur rayonnante*.

Les ondes, qu'elles produisent ou non de la lumière, ont la propriété de pouvoir être réfléchies, réfractées, absorbées, polarisées et diffractées. Par conséquent, les ondes infra-rouges peuvent être réfléchies. Or, c'est précisément cette propriété qui est à la base du nouveau système de signalisation; elle n'a pas, d'ailleurs, été découverte d'hier; le grand savant anglais, Sir Humphrey David, montrait, avec expériences à l'appui, il y a déjà plus de cent ans, que les ondes calorifiques pouvaient être réfléchies d'un point de l'espace vers un autre au moyen de deux miroirs paraboliques.

Ceci dit, nous pouvons, maintenant, revenir à notre sujet qui est moins l'étude du rayonnement infra-rouge, que la description du système de *signalisation* (le mot n'est pas français, mais il est consacré) basé sur l'emploi de ce rayonnement. Disons tout d'abord que ce système, alors qu'on ne faisait qu'entrevoir les moyens de le réaliser, apparaissait comme le seul moyen d'assurer pratiquement le secret des communications. l'ennemi ne pouvant, en aucun cas, surprendre l'échange des dépêches. Par la suite, lorsqu'il fut au point, on l'utilisa pour réaliser la liaison des postes de combat quand les autres moyens de communication faisaient défaut, soit que les lignes télégraphiques et téléphoniques eussent été détruites, soit qu'il y eût eu nécessité de cacher à l'ennemi la présence des postes, soit, enfin, que les liaisons radiotélégraphiques eussent couru le risque d'être brouillées ou comprises par l'ennemi.



CETTE CAPSULE TRANSFORME EN ONDES SONORES LES ONDES INFRA-ROUGES QUI TOMBENT SUR ELLE

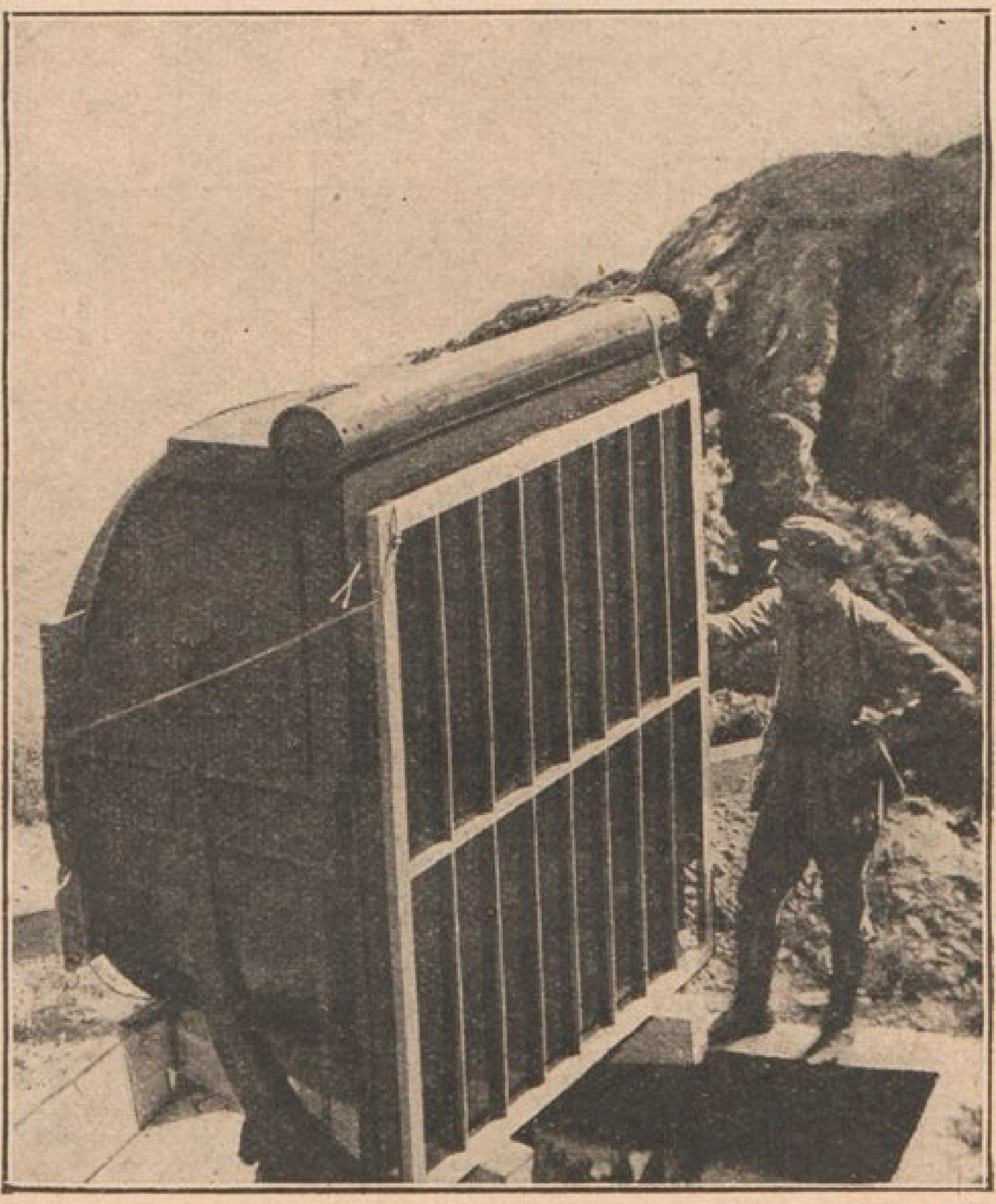
Bien entendu, puisque ce système de signalisation ne met en jeu que de la lumière invisible, il fonctionne tout aussi bien le jour que la nuit et quelles que soient les conditions atmosphériques; seule une brume intense est défavorable car elle absorbe une partie de la radiation et réduit tout à la fois l'intensité et la portée des communications.

Le poste transmetteur est constitué par une source lumineuse riche en radiations infra-rouges. Un miroir parabolique concentre les rayons visibles et invisibles en un faisceau qui est dirigé vers le poste récepteur ; cependant, avant de sortir du projecteur, ce faisceau doit traverser un écran ou filtre qui absorbe la totalité des radiations visibles. Cet écran est constitué par du verre à l'oxyde de manganèse ou au protoxyde de cuivre, matière *opaque* (à la lumière visible) qui, comme l'ébonite, comme aussi certaines solutions également opaques (iode dans du sulfure de carbone, par exemple) a la propriété de se laisser traverser par les ondes de grande longueur.

Comme source de rayons infra-rouges, on emploie, de préférence, l'arc électrique, *parce qu'il donne le plus de lumière.* Ceci n'est paradoxal qu'en apparence, car si l'on voulait ne produire que des ondes invisibles, on ne pourrait utiliser que des corps relativement peu échauffés. Or, plus un corps est chaud, plus il rayonne de ces ondes dites calorifiques ; plus aussi, il est vrai, ces ondes sont accompagnées d'ondes plus courtes qui, elles, sont visibles.

Non seulement, on a donc eu, chaque fois que cela se pouvait, recours à l'arc électrique, mais on a cherché par tous les moyens à augmenter le plus possible sa température : grande densité de courant par rapport au diamètre des charbons ; charbons très homogènes, métallisés et aussi fortement minéralisés ; arcs très courts, etc...

Pour les postes légers ne disposant que de faibles intensités de courant, des lampes à incandescence spéciales ont été étudiées. Ces lampes sont à atmosphère d'azote ou de néon, ce qui leur permet, la pression du gaz ralentissant la distillation du tungstène dont est fait le filament, de supporter un survoltage énergique propre à augmenter leur éclat et leur température. Le filament, qui est de gros diamètre et enroulé en spires presque jointives, a la forme d'un cylindre ; il a la dimension de la caustique du miroir (on appelle caustique le lieu des intersections successives des ondes réfléchies par le miroir); la longueur utile de ce filament correspond à une chute de potentiel variant de 6 à 8 volts.



PROJECTEUR DE MARINE UTILISÉ POUR DES EXPÉRIENCES DE SIGNALISATION PAR RAYONS INFRA-ROUGES

Le cadre devant le tambour de l'appareil est un écran filtreur destiné à ne laisser passer au dehors que le faisceau de lumière invisible constitué par le rayonnement infra-rouge.

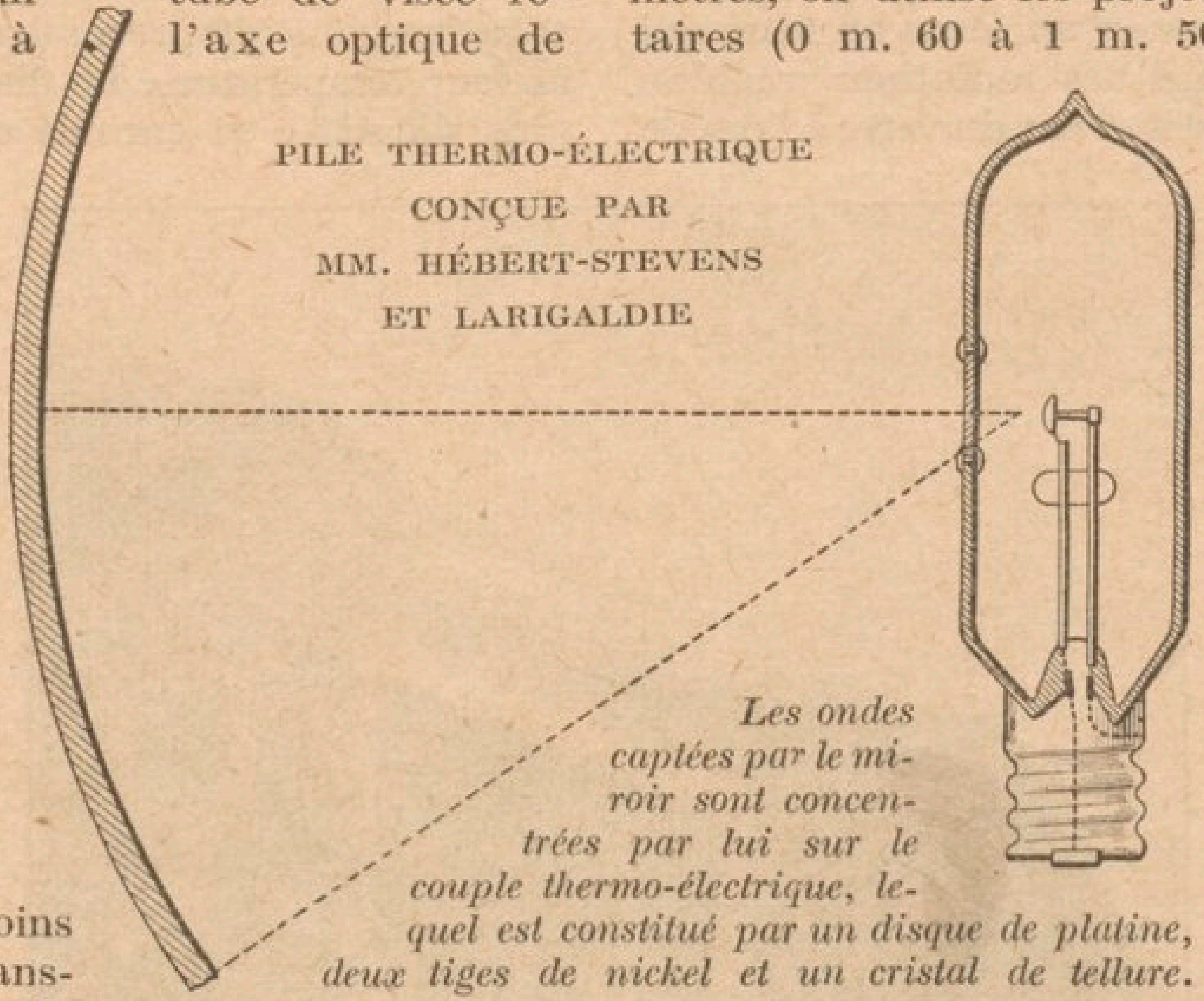
Les miroirs paraboliques employés sont en bronze doré ou en verre argenté ; leur longueur focale est d'un demi-diamètre environ si l'on se sert d'un arc électrique ; pour les lampes à atmosphère gazeuse, dont le rayonnement est sensiblement sphérique, il y a avantage à employer des miroirs dont la courbure soit plus accentuée.

L'écran filtreur, qui ferme le tambour du projecteur, est constitué par une glace plane en verre, obscurcie dans sa masse par divers produits (silice, soude, chaux, oxyde de manganèse ou protoxyde de cuivre, en proportions variées) et qui, de ce fait, absorbe les radiations visibles (il absorbe aussi, malheureusement, une partie des radiations infra-rouges, c'est-à-dire du rayonnement utile). Comme les glaces ordinaires des projecteurs, l'écran est sectionné en lames dont les joints sont recouverts par de minces garnitures

métalliques (en raison de la température).

Tous les appareils transmetteurs possèdent un obturateur qui coupe à volonté le flux d'émission pour permettre la manipulation de signaux Morse. Transmetteur et récepteur sont munis d'un tube de visée réglable, parallèle à l'axe optique de leur miroir et permettant de pointer l'appareil dans la direction de son correspondant.

La portée du transmetteur étant, toutes autres choses restant égales, proportionnelle au diamètre des miroirs, il existe plusieurs modèles d'appareils, correspondant à des besoins différents. Les transmetteurs portatifs destinés aux premières lignes et ne devant, par conséquent, effectuer que des liaisons télégraphiques ne dépassant pas deux kilomètres, sont constitués par des projecteurs de 26 centimètres, montés sur pieds et pesant moins de 5 kilogrammes, avec lampe à azote de 40 à 50 watts alimentée par une petite batterie d'accumulateurs. Pour effectuer des liaisons entre postes distants de trois à six kilomètres, on conserve le même projecteur, mais on substitue à l'ampoule une lampe à arc électrique alimentée par un groupe électrogène portatif. Pour communiquer à de grandes distances, 10 à 25 kilomètres, on utilise les projecteurs réglementaires (0 m. 60 à 1 m. 50) de l'armée et de la marine, en y adaptant un écran filtreur pour le transmetteur et en fixant au foyer du miroir du projecteur récepteur l'ampoule qui contient l'élément de détection. Si les nécessités du combat exigent un récepteur très léger, tandis que l'appareil transmetteur reste fixe à l'arrière, ou *vice versa* on peut, avec le projecteur de 26 centimètres, transmettre ou recevoir sur des distances d'autant plus grandes que le poste correspondant est plus puissant.



PILE THERMO-ÉLECTRIQUE CONÇUE PAR MM. HÉBERT-STEVENS ET LARIGALDIE

Les ondes captées par le miroir sont concentrées par lui sur le couple thermo-électrique, lequel est constitué par un disque de platine, deux tiges de nickel et un cristal de tellure.

Le poste récepteur est composé d'un miroir parabolique au foyer duquel est monté un détecteur spécial. La réception des signaux peut être visuelle (système Charbonneau) ou auditive (systèmes de MM. Hébert-Stevens et Larigaldie).

Dans le système à réception visuelle, un ruban de papier recouvert de sulfure de zinc

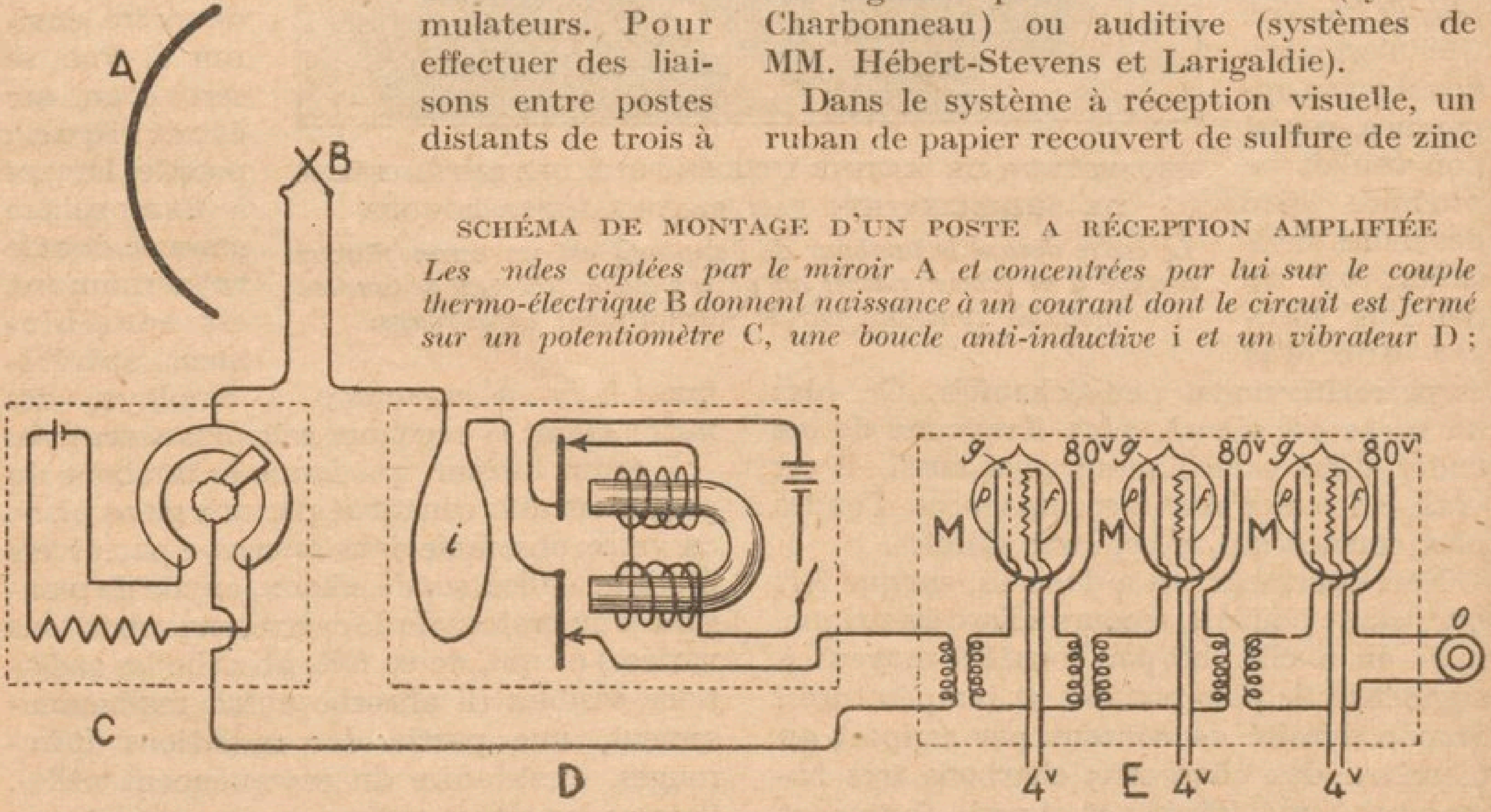
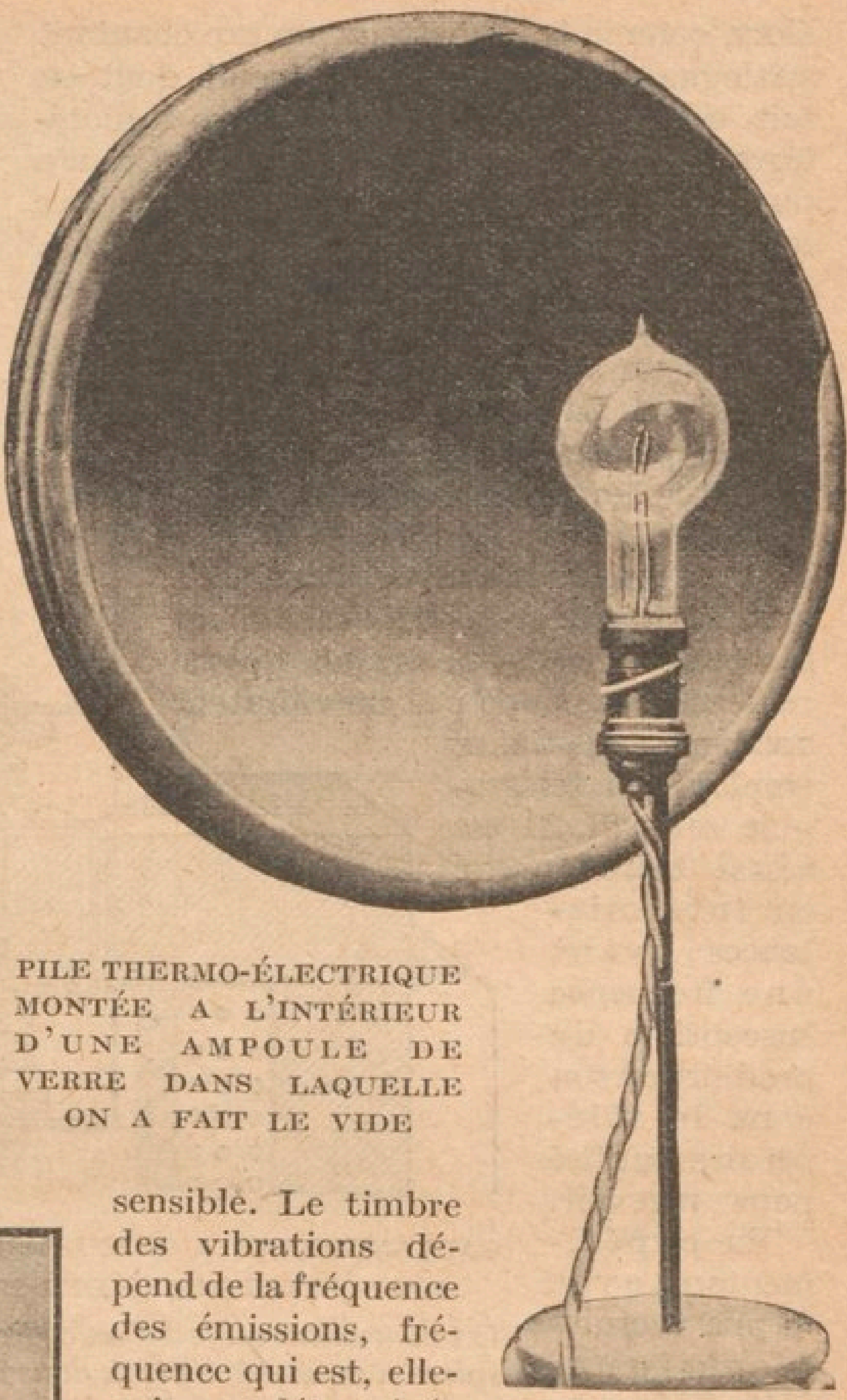


SCHÉMA DE MONTAGE D'UN POSTE A RÉCEPTION AMPLIFIÉE

Les ondes captées par le miroir A *et concentrées par lui sur le couple thermo-électrique* B *donnent naissance à un courant dont le circuit est fermé sur un potentiomètre* C, *une boucle anti-inductive* i *et un vibrateur* D ; *ce dernier transforme ledit courant en intermittences dont la fréquence est susceptible de produire un son dans le téléphone récepteur* O ; *ce son est renforcé par une batterie de relais* M *à trois électrodes* f, g, p *(filament, grille, plaque) alimentée par du courant local et renfermée dans la boîte* E.

vert phosphorescent se déroule au foyer du miroir. La lumière d'une lampe de dix volts, filtrée par un écran liquide spécial qui, lui, ne laisse passer que les ondes lumineuses de haute fréquence, illumine fortement ce ruban et excite la phosphorescence de l'enduit. Les émissions d'ondes infra-rouges, codifiées au Morse et captées par le miroir, s'inscrivent sur la bande en traits et points noirs par extinction de la phosphorescence. Un dispositif spécial permet à ce système, en plaçant l'organe détecteur dans l'obscurité, de fonctionner aussi bien de jour que de nuit.

Dans le système de réception auditive mis au point par MM. Hébert-Stevens et Larigaldie, sous la direction du commandant Cornu, une sorte de capsule reliée aux oreilles de l'opérateur par un tuyau de caoutchouc, est placée au foyer du miroir. Cette capsule, qui est recouverte intérieurement de noir de fumée (on sait que les surfaces noires sont celles qui absorbent le plus à la fois les ondes visibles et invisibles) transforme directement les émissions de chaleur rayonnante, que lui renvoie le miroir, en vibrations sonores, à la condition, toutefois, que ces émissions n'aient pas une fréquence inférieure à celles auxquelles l'oreille est sensible. Le timbre des vibrations dépend de la fréquence des émissions, fréquence qui est, elle-même, déterminée par un interrupteur mécanique animé d'un mouvement très rapide et qui coupe soit le faisceau lumineux au poste transmetteur, soit le flux obscur au poste récepteur (cet interrupteur n'a rien de commun avec celui qui est employé pour former des signaux Morse).



PILE THERMO-ÉLECTRIQUE MONTÉE A L'INTÉRIEUR D'UNE AMPOULE DE VERRE DANS LAQUELLE ON A FAIT LE VIDE

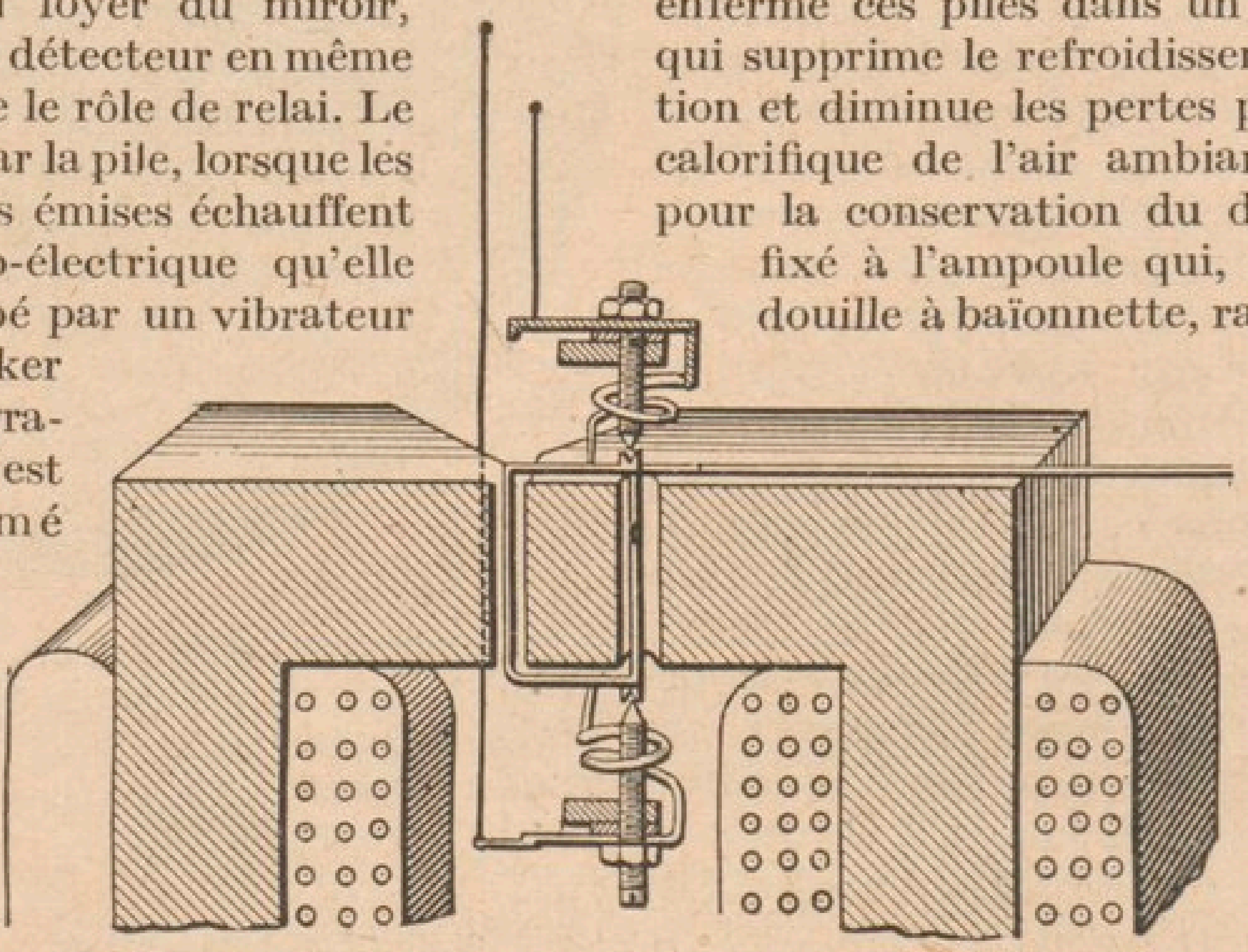
LA CAPSULE A NOIR DE FUMÉE PERMET LA RÉCEPTION DIRECTE PAR TUBE ACOUSTIQUE

Ce mode de réception est très intéressant par sa simplicité, mais il a l'inconvénient de son grand avantage qui est de traduire directement les signaux. Ne faisant, en effet, intervenir aucun relai, il ne permet pas de très grandes intensités de son ni, par conséquent, de grandes portées. On parviendra sans doute, cependant, à augmenter ces dernières en améliorant la sensibilité de la capsule réceptrice et, peut-être, en lui adjoignant un résonateur approprié. Cette capsule se prête aussi, ce qui est très intéressant pour l'avenir, à la réception de la parole ; en d'autres termes, elle permet d'établir des communications téléphoniques — et elles sont aussi sans fil celles-là — infra-rouges. On emploie

alors, comme transmetteur, un arc chantant analogue en tous points à celui dont on fait usage dans certains systèmes radiotélégraphiques et radiotéléphoniques. On n'a pu encore communiquer de la sorte que sur quelques centaines de mètres de distance, mais tout fait prévoir que cette méthode pourra être grandement perfectionnée.

Dans un autre système de MM. Hébert-Stevens et Larigaldie, une pile thermo-électrique, placée au foyer du miroir, constitue l'organe détecteur en même temps qu'elle joue le rôle de relai. Le courant produit par la pile, lorsque les ondes infra-rouges émises échauffent le couple thermo-électrique qu'elle renferme, est coupé par un vibrateur analogue au tikker employé en télégraphie sans fil. Il est ainsi transformé en intermittences ayant une fréquence susceptible de produire un son dans le téléphone utilisé pour recevoir.

En expérimentant avec la pile thermo-électrique, MM. Hébert-Stevens et Larigaldie suivirent l'exemple de Melloni et des nombreux physiciens qui ont étudié et étudient encore les phénomènes de chaleur rayonnante. Mais, et c'est là leur grand mérite, ils ont su construire une pile presque dépourvue d'inertie, c'est-à-dire qui répond presque instantanément aux variations de température auxquelles elle est soumise, et cela, grâce à une modification tant dans la forme que dans la nature du couple thermo-électrique. Ce dernier est constitué par un disque de platine d'un centième de millimètre d'épaisseur et de 2 à 3 millimètres de diamètre, fixé par son arête à un support de nickel ; un mince cristal de tellure (métalloïde que ses propriétés chimiques rapprochent beaucoup du sélénium et du soufre), dont la base est soudée à un second support de nickel, vient appuyer sa pointe au centre du disque ; une légère fusion en ce point assure un bon contact. Ce couple est placé dans une chambre à parois réfractaires à tout rayonnement visible, mais pourvue d'une fenêtre en matière diathermane, c'est-à-dire permettant l'accès des ondes infra-rouges dans la chambre. La constante de temps de ce couple à l'échauffement et au refroidissement — ce qui revient à dire la rapidité avec laquelle il répond aux émissions obscures condensées sur lui par le miroir — est, en général, inférieure à un cinquième de seconde.



GALVANOMÈTRE A GRANDE SENSIBILITÉ POUR LA DÉTECTION (RECHERCHE) DES NAVIRES ET DES ICEBERGS

Cet instrument est fait d'un cadre extra léger de une ou plusieurs spires et est monté à pivots dans le champ magnétique d'un puissant électro-aimant. Une légère aiguille équilibre ce cadre ; elle sert soit d'index, soit à déclencher un relai qui actionne une sonnerie ou un avertisseur lumineux.

La sensibilité s'accroît encore lorsqu'on enferme ces piles dans un vide très poussé, qui supprime le refroidissement par convection et diminue les pertes par conductibilité calorifique de l'air ambiant. Un dispositif pour la conservation du degré de vide est fixé à l'ampoule qui, montée dans une douille à baïonnette, rappelle assez bien, tout au moins par sa forme et ses dimensions, la lampe à incandescence classique ; elle en possède aussi, d'ailleurs, la propriété d'interchangeabilité et peut être remplacée, pour ainsi dire instantanément, par une ampoule d'émission si les postes correspondants sont bilatéraux et font usage de projecteurs à lampe et non à arc.

Un potentiomètre et une boucle de réglage pour compenser l'induction produite par le tikker sont intercalés dans le circuit ; ils permettent, lorsqu'aucune communication n'a lieu, de toujours maintenir le silence dans le téléphone en annulant les courants parasites qui pourraient naître des conditions atmosphériques ou du rayonnement ambiant. Après avoir, comme nous l'avons dit, été interrompu à une fréquence musicale par un tikker, le courant débité par la pile sous l'effet des émissions de lumière obscure du poste transmetteur, est envoyé dans un amplificateur à lampes (1). Cependant, un galvanomètre extrêmement sensible, également construit par MM. Hébert-Stevens et Lari-

(1) Il s'agit ici des tubes à vide ou audions pour la théorie desquels le lecteur pourra utilement se reporter à l'article que j'ai publié sous le pseudonyme de Cyril Berthomier dans le n° 41 de ce magazine, octobre-novembre 1918, page 411.

galdie, permet, tout en conservant au système sa sensibilité, d'éliminer l'amplificateur et le tikker, lorsque les appareils ne sont utilisés que comme détecteurs d'ondes infra-rouges et non pour des communications télégraphiques. Ce galvanomètre-relai est composé d'un cadre extra léger de une ou plusieurs spires ; ce cadre est monté à pivots, de manière à se déplacer, à la façon d'une porte sur ses charnières, dans le champ magnétique intense d'un puissant électro-aimant ; pour permettre au cadre de tourner autour d'un de ses grands côtés, l'une des pièces polaires est percée d'un canal *ad hoc.* Une légère aiguille équilibre ce cadre et projette, à l'aide d'un système optique, son image, grossie quarante fois, sur un verre dépoli, ou déclenche un relais optique qui actionne lui-même un avertisseur lumineux ou sonore. Ce galvanomètre sensible a été spécialement étudié pour les postes installés sur les navires, là, par conséquent, où il était désirable d'avoir un appareil sur lequel les mouvements du bâtiment demeurassent sans effet.

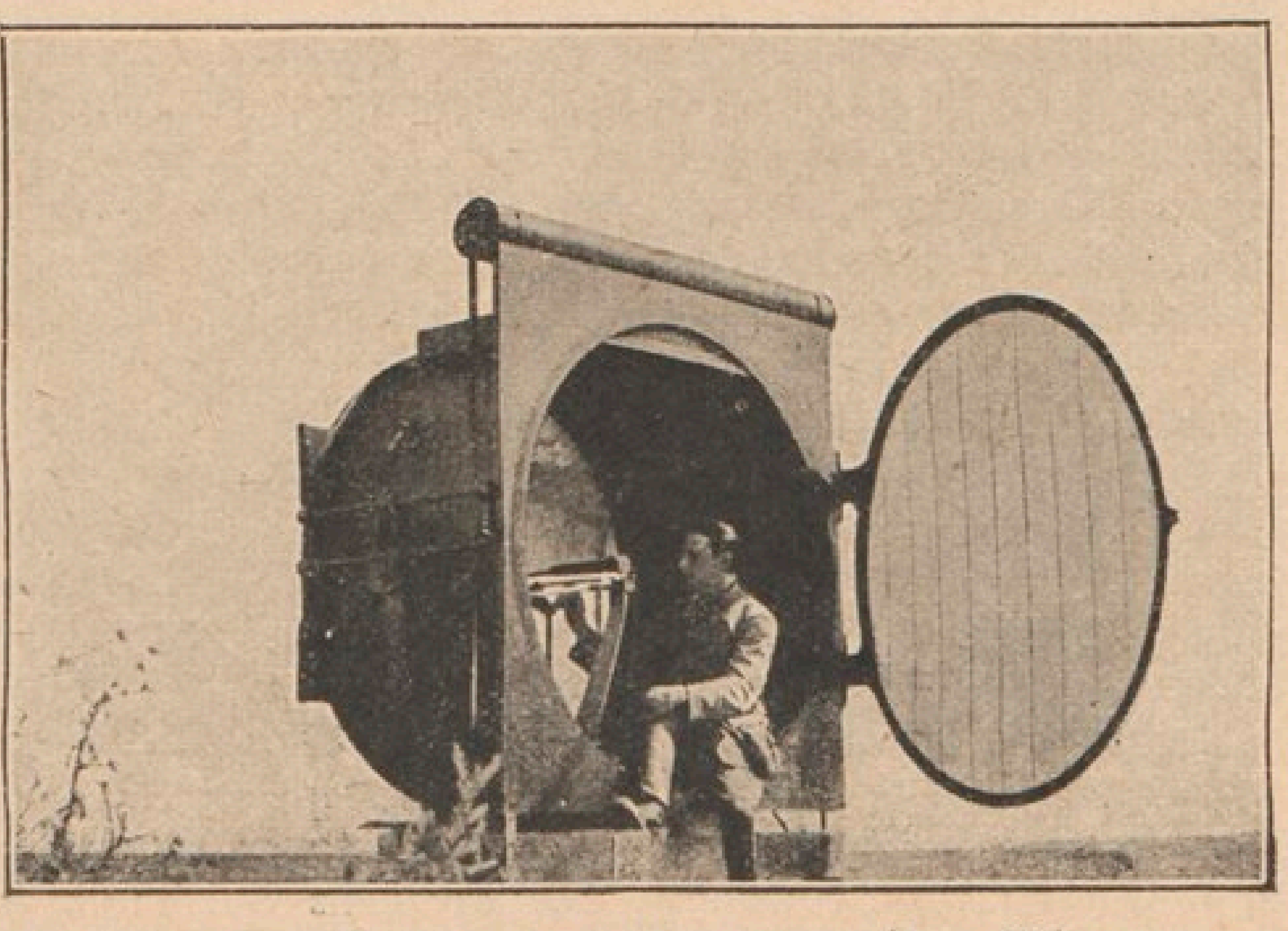
POSTE TRANSMETTEUR DE CAMPAGNE (25 CM.)
La glace, en verre foncé, arrête les ondes de lumière visible mais laisse sortir les ondes infra-rouges.

Pour donner quelque idée de la sensibilité de l'appareil récepteur qui vient d'être décrit, je mentionnerai que le seul rayonnement calorifique d'une tête humaine placée dans l'axe d'un miroir de 25 centimètres, était décelé par l'aiguille du galvanomètre ou par l'avertisseur à *cinquante-cinq mètres* de distance.

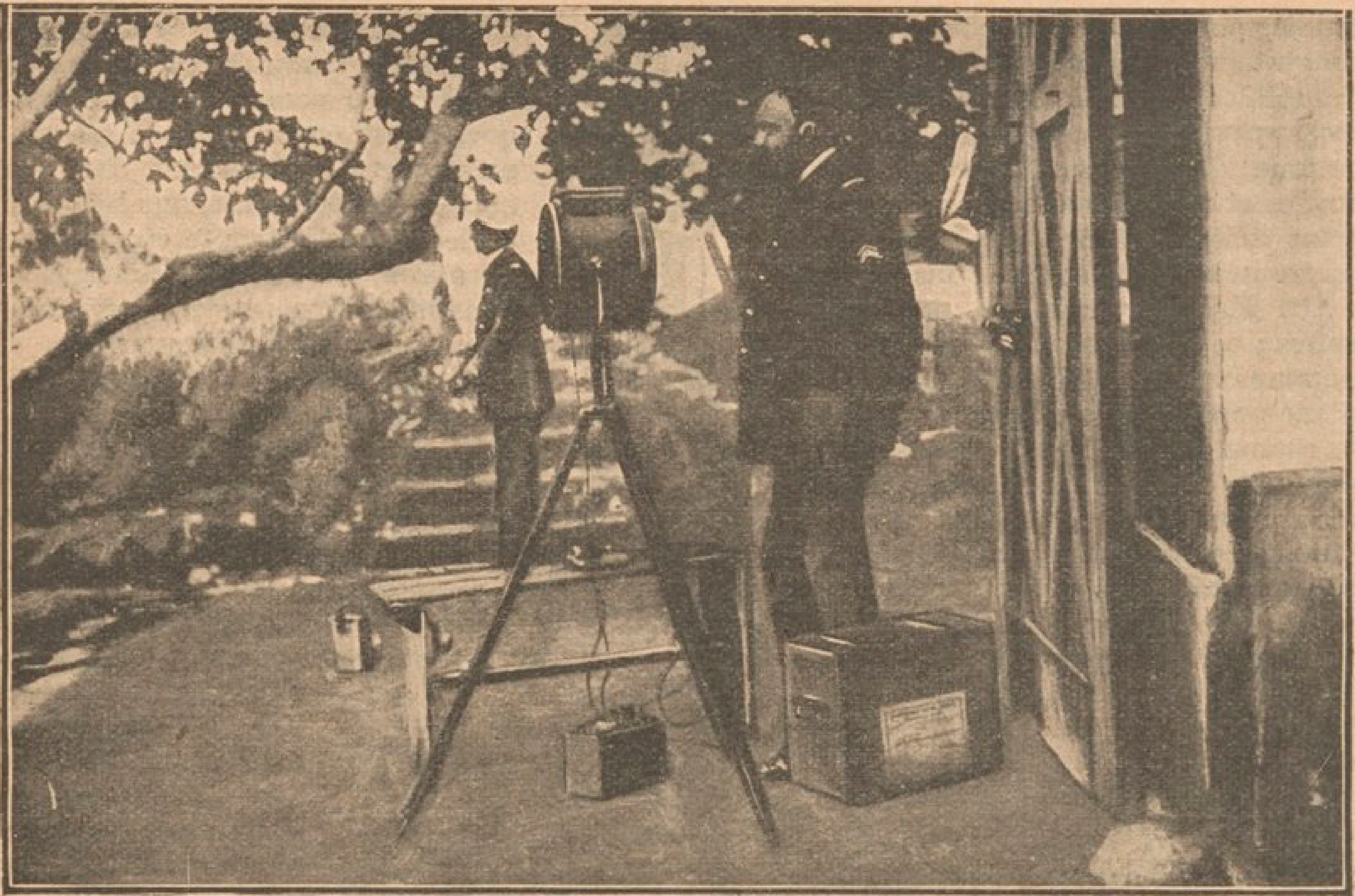
L'un des grands avantages du système à pile thermo-électrique est, pour les usages militaires, d'offrir plus de sécurité aux opérateurs. Si, en effet, le miroir récepteur doit être braqué vers le poste avec lequel il est en relation, le télégraphiste peut se tenir, lui, dans un abri, la sacoche contenant le tikker et le casque d'écoute étant reliée au miroir par un câble à deux conducteurs qui peut être aussi long que la sécurité le commande.

Le système de signalisation par ondes infra-rouges a donné lieu, dans notre marine de guerre, à des expériences très intéressantes et qui, en raison de la complexité et de la multiplicité des problèmes à résoudre, devront être poursuivies pendant longtemps encore avant d'être complètement concluantes. Sans entrer dans le détail de ces expériences, on peut dire qu'elles avaient surtout en vue de procurer : 1o un système de communication sûre entre navires ; 2o de navire à la terre et *vice versa ;* 3o une méthode de repérage des feux de bord ou des feux fixes obscurs ; 4o une méthode de détection de tout bâtiment naviguant en surface et passant entre deux postes de détection placés, par exemple, de chaque côté d'une passe ou constitués par deux navires de veille.

Les navires à vapeur ne cessent d'émettre, par leurs cheminées, des ondes infra-rouges en abondance ; or, ces ondes peuvent être captées par des miroirs agencés comme nous l'avons expliqué et cela d'autant mieux qu'ils sont orientables. Ainsi, un navire aura beau naviguer tous feux éteints, à la faveur de la nuit la plus



LES PROJECTEURS DE CETTE DIMENSION (1 M. 50) PERMETTENT DES PORTÉES TÉLÉGRAPHIQUES DE 25 KILOMÈTRES



LA MARINE SONGE A UTILISER LES ONDES INFRA-ROUGES NON SEULEMENT A DES BUTS MILITAIRES, MAIS AUSSI POUR ÉVITER LES ABORDAGES EN MER

noire, il pourra fort bien être décelé, sinon peut-être encore repéré avec une très grande exactitude. Il y a probablement là, et MM. Hébert et Larigaldie y ont songé, un nouveau moyen de lutter contre le risque d'abordage des navires en mer, bien que la brume, lorsqu'elle est très dense, présente un obstacle sérieux, beaucoup moins sérieux cependant que dans le cas des ondes de longueurs plus faibles qui constituent la lumière visible, à la propagation des ondes infra-rouges. D'autre part, le courant auquel ces ondes donnent naissance dans la pile thermo-électrique de réception, peut être, si faible soit-il, considérablement amplifié par des batteries de tubes à vide et autres relais appropriés. Ce même système et ces mêmes appareils pourraient, dans le même ordre d'idées, mais beaucoup plus efficacement, réduire les rencontres intempestives entre navires et icebergs. Si, en effet, impressionné à distance par une source de calorique, le couple thermo-électrique donne naissance à un courant révélateur reçu dans un téléphone ou un galvanomètre, à l'approche d'une source intense de *froid apparent*, il subirait, par rayonnement, une déperdition de chaleur qui se traduirait par la production d'un courant de sens inverse mais tout aussi décelable. Ce n'est pas, comme certains pourraient être tentés de l'avancer, parce que la glace rayonne du froid. *Froid* est, en effet, un terme dont le sens, tout à fait relatif, signifie *moins chaud* par rapport à ce que nous commençons à trouver chaud. Tout ce qui n'est pas à la température du zéro absolu (vraisemblablement impossible à atteindre) est plus ou moins chaud. *La glace rayonne donc de la chaleur;* il n'en est pas moins vrai qu'elle en rayonne moins que la pile qui, elle, est à la température ambiante ; la portion du couple qui est tournée vers la glace émet donc de la chaleur et se refroidit, tandis que l'autre portion demeure à la température ambiante ; la différence des températures nécessaire pour la production d'un courant par la pile est ainsi réalisée, et c'est pourquoi un iceberg peut être révélé à distance tout comme s'il s'agissait d'une source de chaleur dans le sens où nous employons ce terme.

Un prochain avenir nous dira si la télégraphie par radiations infra-rouges est appelée à rendre de grands services en temps de paix, notamment à la navigation. Des expériences sont en cours; d'autres seront sans doute entreprises; la voie est largement ouverte à tous; une fois de plus, ce sont des Français qui l'ont tracée et s'y sont engagés les premiers.

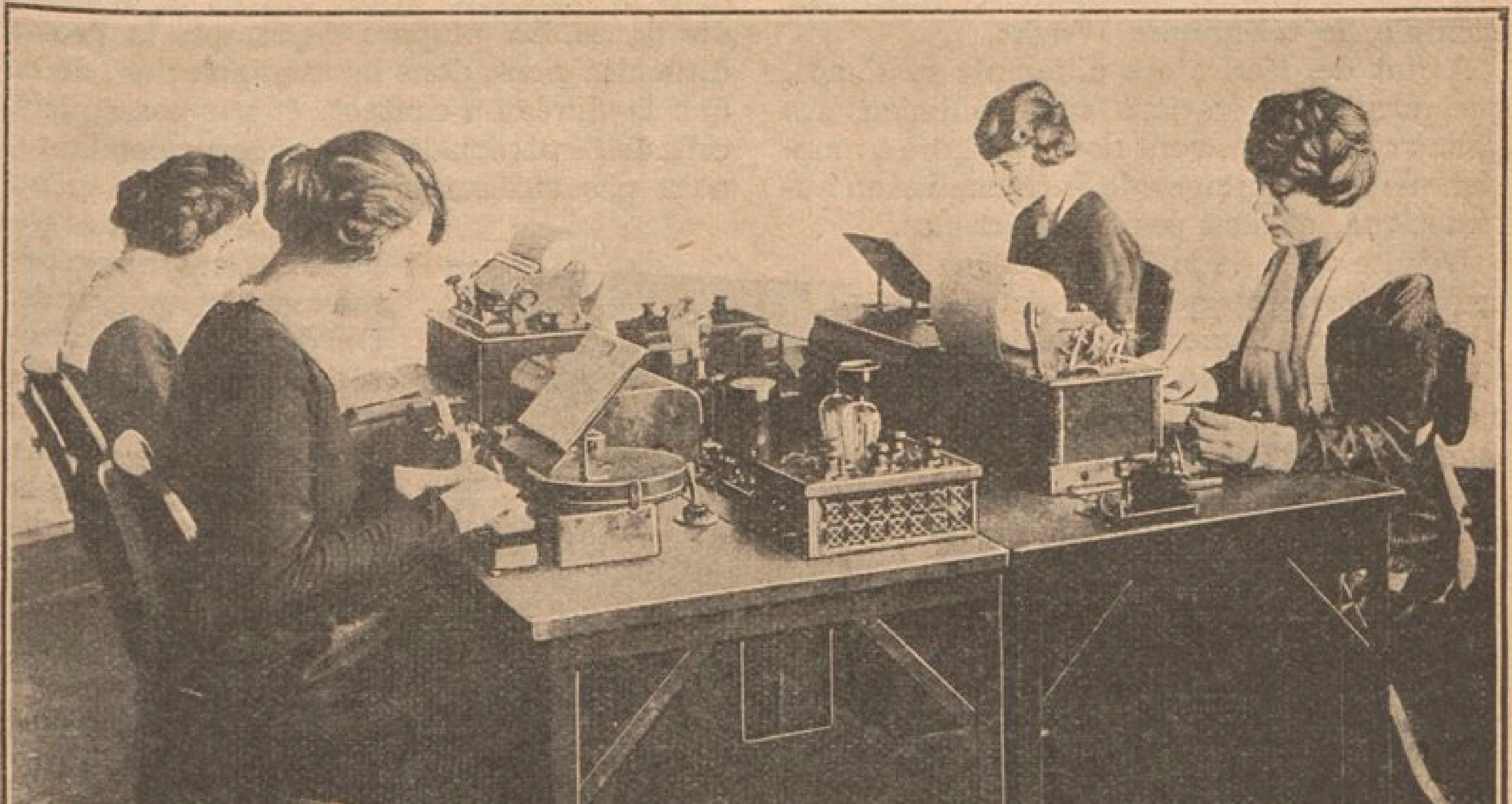
René Brocard.

LES SYSTÈMES ET APPAREILS DE TÉLÉGRAPHIE RAPIDE

Par André CROBER

La télégraphie électrique est une des rares sciences dont les progrès sont aussi incessants que réguliers. On peut dire qu'il ne s'écoule pas une année sans que les systèmes en vigueur, quelque différents qu'ils puissent être dans les différents pays, soient perfectionnés. Plus, pourtant, ils semblent se rapprocher des conditions idéales et plus la perfection vers laquelle ils tendent semble reculer. C'est à se demander si le fait de n'avoir plus un jour qu'à rédiger un télégramme pour qu'il parvienne instantanément à son destinataire ne sera pas encore une formalité dont d'autres progrès ultérieurs permettront de se dispenser. On ne parlera plus alors de télégraphie, mais bien de télépathie. Nous n'en sommes malheureusement pas encore là, bien que les lenteurs actuelles que nous constatons dans l'acheminement des télégrammes semblent devoir être imputées beaucoup plus à des méthodes défectueuses d'exploitation qu'aux systèmes télégraphiques rapides existants.

Et c'est précisément de ces derniers que je vais parler, négligeant, pour ne pas trop allonger cette étude, les télégraphes qui les ont devancés et dont, pourtant, certains sont encore employés très avantageusement.



TÊTES DE DEUX CIRCUITS TÉLÉGRAPHIQUES EXPLOITÉS EN « DUPLEX »

Sur chaque table sont groupés les appareils nécessaires à chaque circuit, c'est-à-dire, essentiellement, un perforateur, un transmetteur automatique, un distributeur et un imprimeur. Le montage de ces appareils est tel que l'imprimeur d'un poste peut enregistrer un message à l'arrivée, en même temps que le transmetteur du même poste envoie un autre message dans la direction opposée.

Sur certaines lignes télégraphiques, la fréquence des communications est telle qu'il a fallu inventer des systèmes susceptibles d'accélérer considérablement le service et cela sur un même fil, afin d'éviter d'établir entre deux mêmes postes plusieurs fils de ligne ayant chacun leurs appareils particuliers. Ces systèmes peuvent être classés dans trois catégories bien distinctes :

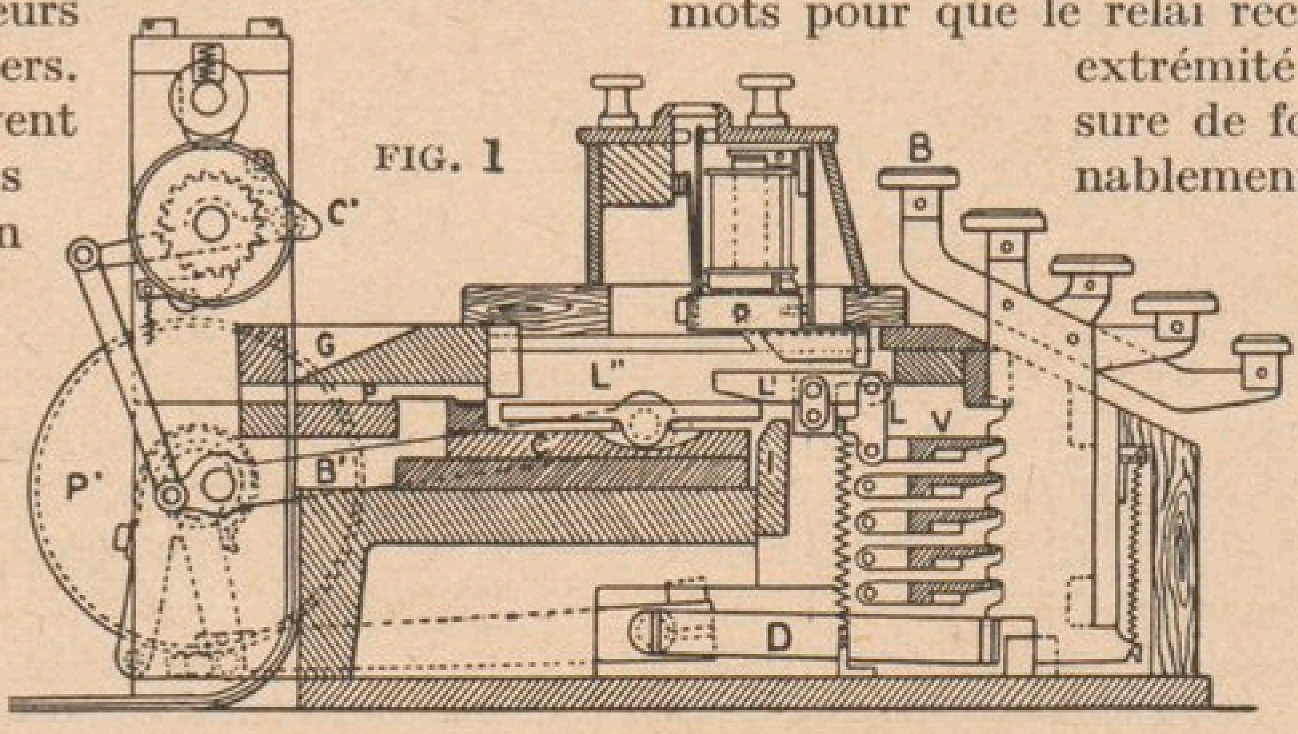
1° Les systèmes à transmission *multiple*, comme le télégraphe Baudot ;

2° Les systèmes à transmissions *simultanées*, comme les dispositifs duplex et multiplex (triplex et quadruplex) ;

3° Les systèmes à transmission *multipliée*, comme, par exemple, le télégraphe Wright.

Avant de décrire ces différents systèmes, quelques considérations sur l'émission des signaux, lesquelles vont nous conduire à montrer que les avantages de la transmission automatique, ne sont pas inopportunes.

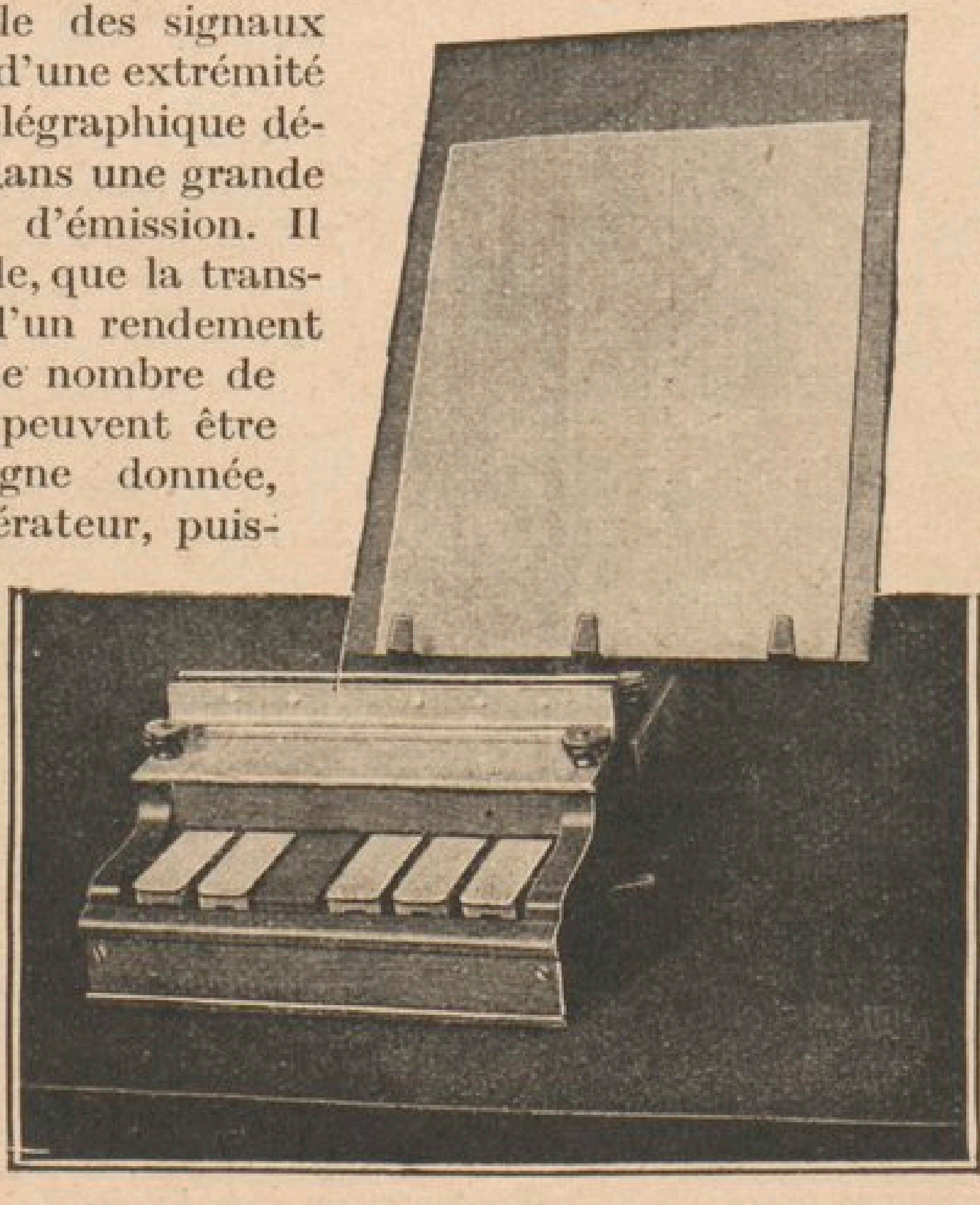
La vitesse à laquelle des signaux peuvent être propagés d'une extrémité à l'autre d'une ligne télégraphique dépend, on le conçoit, dans une grande mesure, des méthodes d'émission. Il est évident, par exemple, que la transmission manuelle est d'un rendement très mauvais et que le nombre de mots par minute qui peuvent être transmis sur une ligne donnée, varie avec chaque opérateur, puisque ce nombre dépend, d'une part, de l'habileté professionnelle du télégraphiste, et, d'autre part, de la longueur et des caractéristiques de la ligne. C'est ainsi, par exemple, qu'un certain opérateur capable de manipuler à la vitesse de quarante mots à la minute, pourra transmettre à cette vitesse sur une ligne de courte longueur (dont l'isolement est très grand et où les variations dans l'envoi et l'interruption des émissions électriques sont maxima) alors que sur une longue ligne, il se verra peut-être contraint de ramener sa vitesse à vingt mots pour que le relai récepteur de l'autre extrémité du fil soit en mesure de fonctionner convenablement. Il se peut, par contre, qu'un autre opérateur, incapable de transmettre plus de trente mots, puisse maintenir cette vitesse sur une très longue ligne, sans que les signaux soient en quoi que ce soit altérés.



COUPE DU PERFORATEUR MÉCANIQUE CARPENTIER

En matière de télégraphie, le perforateur est un appareil au moyen duquel on perfore les signaux dans un ruban de papier qui passe ensuite dans un transmetteur automatique. Le clavier du perforateur est analogue à celui d'une machine à écrire.

La transmission manuelle est donc irrégulière et ne permet jamais la complète utilisation de la capacité des lignes. La plupart du temps, la grosse difficulté vient, dans la manipulation, de ce que la durée du contact, et par conséquent celle de l'émission de courant correspondante, n'est pas suffisamment longue, alors qu'au contraire les blancs entre les lettres sont généralement trop grands. Ces défauts sont caractéristiques de la transmission manuelle et ils sont, dans une grande mesure, éliminés par la transmission mécanique ou automatique, dont nous allons parler un peu plus loin.



TRANSMETTEUR BAUDOT EMPLOYÉ DANS LA TRANSMISSION PUREMENT MANUELLE

Différents systèmes de transmission semi-automatique ont été essayés qui remédiaient en partie aux défauts de la transmission manuelle. Dans l'un de ces systèmes, le *Yetman*, les signaux (points et traits du code Morse) étaient formés par l'opérateur au moyen d'un clavier de machine

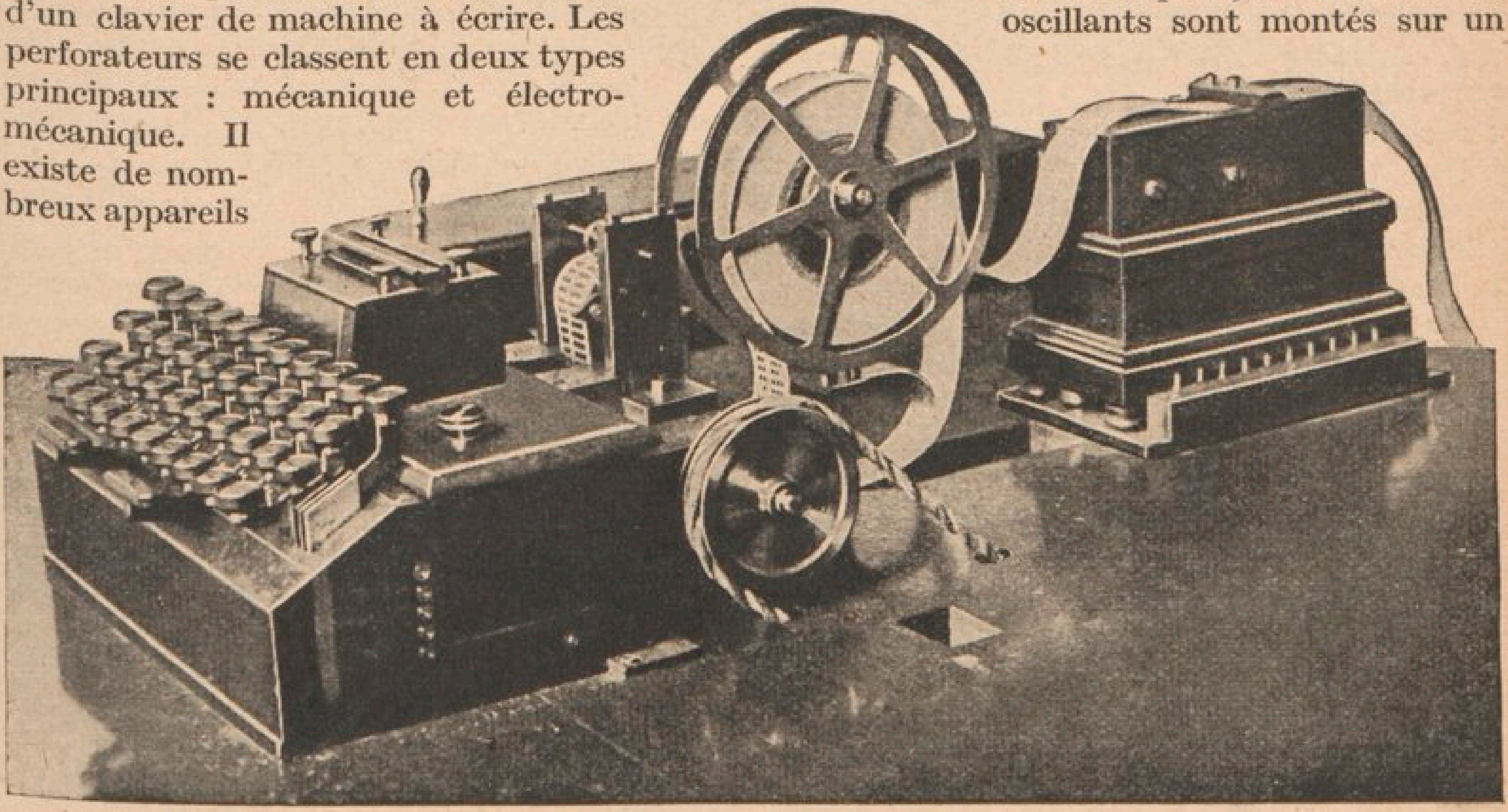
à écrire. Cette idée d'employer un clavier de machine à écrire a été retenue dans tous ou presque tous les systèmes de transmission automatique qui, rapidement (tout au moins dans certains pays étrangers et surtout les Etats-Unis) sont en train de se substituer à la transmission manuelle sur les lignes à grand trafic.

La transmission automatique apparut pour la première fois dans le système de télégraphe à grande vitesse Wheatstone, qui fait usage du code Morse. Elle consiste à perforer les signaux (points et traits s'il s'agit du Morse, combinaisons de trous correspondant à un certain nombre d'émissions négatives et positives par signal, s'il s'agit de codes du genre Baudot) dans une bande de papier. La perforation se fait à l'aide d'un organe appelé *perforateur*, qui est actionné au moyen d'un clavier de machine à écrire. Les perforateurs se classent en deux types principaux : mécanique et électro-mécanique. Il existe de nombreux appareils de chaque type, mais nous nous contenterons de dire quelques mots du perforateur français Carpentier (mécanique) et du perforateur américain Morkrum (électro-mécanique) pour l'exemple.

UN AUTRE MODÈLE DE PERFORATEUR, LE « KLEINSCHMIDT »

Cet appareil est employé en Angleterre par des agences de presse, conjointement avec les appareils récepteurs du système Creed.

Le perforateur Carpentier (fig. 1), comporte un clavier dont chaque touche est prolongée par une lame à encoches ; les saillies et les creux de cette lame figurent la combinaison qui, dans le code Baudot, correspond à la lettre ou au signe marqué sur la touche. Cinq volets horizontaux *V* sont entraînés par les reliefs lors de la dépression des touches ; à l'extrémité postérieure de chacun d'eux est articulée une bielle *L* qui rend le volet solidaire d'un levier *L'*, lequel fait pivoter, à son tour, un levier basculant *L''* dont l'extrémité libre vient alors se placer devant le poinçon *P*. Les leviers oscillants sont montés sur un



APPAREILS DE TRANSMISSION AUTOMATIQUE CARPENTIER ADAPTÉS AU BAUDOT

Chaque signal est perforé par l'appareil de gauche dans un ruban de papier qui passe ensuite dans le transmetteur (à droite de la bobine). Un levier, visible à gauche, permet de passer de la transmission automatique à la transmission manuelle, tout en continuant à utiliser le clavier de machine à écrire.

chariot mobile *C* auquel il suffit de communiquer un mouvement en avant pour que les poinçons, poussés par les leviers soulevés, viennent perforer la bande qui passe dans la gouttière *G*. Sur cette bande (nettement visible sur la photographie qui représente le groupe perforateur-transmetteur Carpentier) les trous sont disposés dans le même ordre que les touches d'un manipulateur Baudot (clavier à cinq touches pour transmission manuelle), ce qui permet à l'opérateur de contrôler aisément *de visu* son travail. Dès que le signal est perforé, le chariot revient en arrière et les leviers basculants, rencontrant un plan incliné *I*, reprennent chacun leur position de repos.

Le mouvement est donné au chariot par l'intermédiaire d'une bielle *B'* et d'une poulie *P'* ; celle-ci, folle sur son axe, tourne sous l'action d'un moteur électrique ; un frein à corde permet de l'embrayer pour une révolution seulement, par l'intermédiaire du levier *D* qui, entraîné par toutes les touches, libère l'embrayage au moment du relèvement de la touche frappée.

PERFORATEUR ÉLECTRO-MÉCANIQUE, SYSTÈME MORKRUM

Dans cet appareil, les perforations sont effectuées au moyen de cinq poinçons actionnés à l'aide d'un seul électro-aimant.

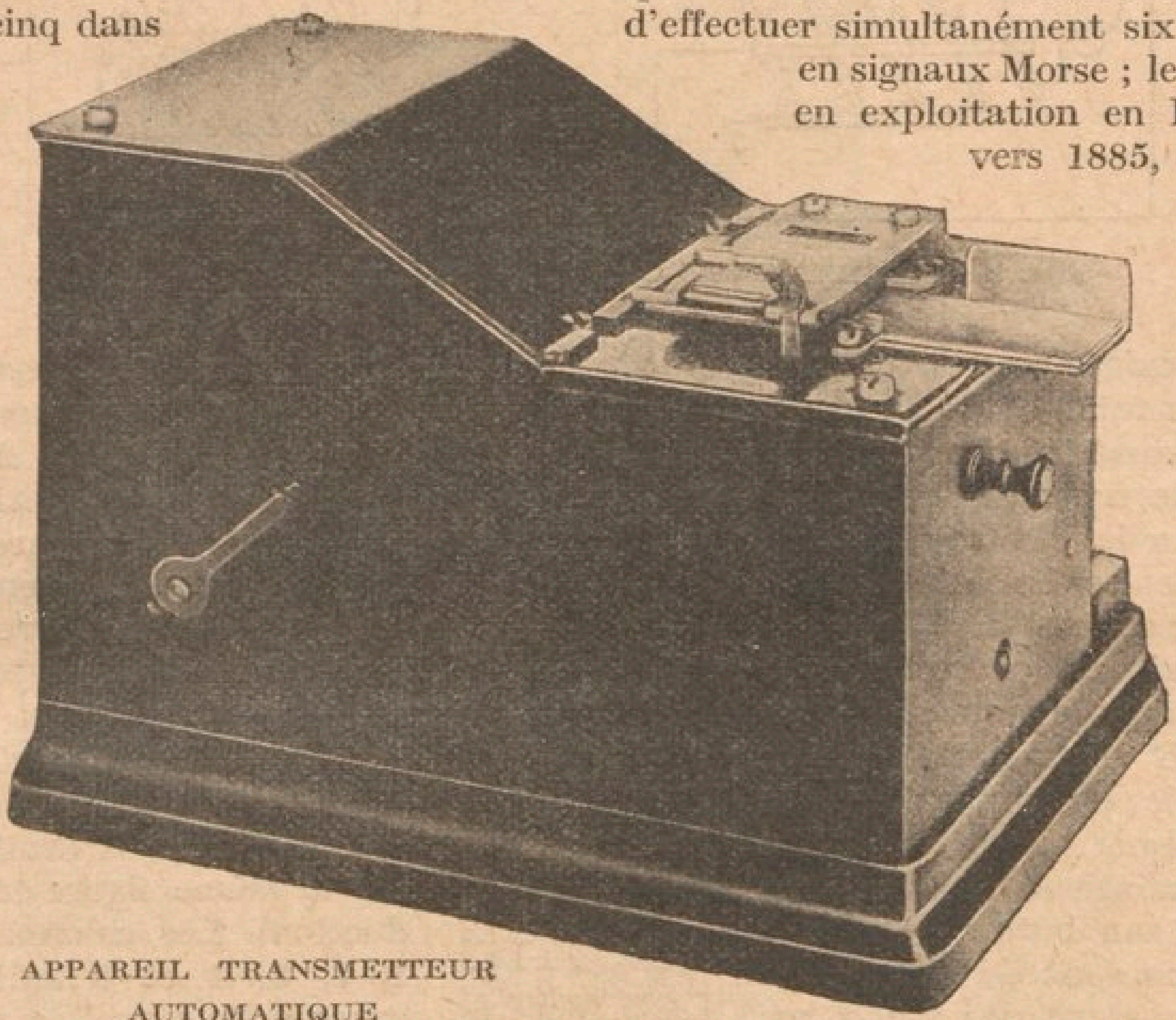
Le perforateur électro-mécanique n'exige, lui, aucun moteur d'entraînement, pour la simple raison qu'il ne comporte pas de chariot. Il se compose essentiellement (nous prenons, comme type, l'appareil Morkrum) : 1° d'un clavier de machine à écrire ; 2° d'un bloc groupant six poinçons dont l'un sert à perforer une ligne de trous utilisés pour l'entraînement du ruban de papier dans l'un ou l'autre sens ; ce dernier passe entre deux matrices plates placées sur un côté du bloc des poinçons ; 3° d'un marteau actionné par un électro-aimant ; 4° d'un mécanisme qui provoque l'entraînement du ruban de papier au fur et à mesure que s'effectue le poinçonnage ; 5° d'un système de leviers au moyen duquel les touches du clavier déterminent, à chaque abaissement de l'une d'elles, quels sont les poinçons qui doivent être actionnés pour perforer le signal voulu dans le ruban de papier.

Chaque barre de touche est munie d'une lame à encoches appelée peigne, ayant un profil particulier puisque chaque peigne doit causer la perforation d'une combinaison déterminée correspondant à un signal donné. Les reliefs des peignes manœuvrent des barres qui « sélectionnent » les poinçons devant être actionnés ; ces poinçons sont frappés par le marteau lorsque la touche est abaissée, car le circuit de l'électro-aimant frappeur est alors fermé.

L'appareil permet le déplacement en arrière du ruban pour la correction des erreurs. Celle-ci est toujours la même et consiste : 1° à annuler le signal erroné ; 2° à le reproduire, mais cette fois, correctement, l'intervalle d'après. Pour annuler le signal erroné, on complète à cinq les trous déjà perforés ou mieux, on en perce cinq, quel que soit le nombre de ceux qui existent déjà ; comme cinq trous ne correspondent, dans le code employé, à aucun caractère (il n'en serait pas de même avec le code Baudot) lorsque cette série de perforations passe dans le transmetteur, elle n'a aucune répercussion sur l'imprimeur-récepteur, lequel, par conséquent, n'imprime rien ; c'est ainsi que le signal erroné et annulé n'apparaît point sur la formule du télégramme reçu.

Lorsque le nombre de caractères formés atteint soixante-cinq, sept de moins que le nombre formant une ligne pleine, une petite lampe rouge, placée sous le clavier, s'allume automatiquement ; elle avertit l'opérateur qu'il doit s'apprêter à abaisser la touche qui commande le retour de la roue des types de l'imprimeur au commencement d'une nouvelle ligne et celle qui provoque la rotation du cylindre de cet imprimeur, nécessaire pour écrire cette nouvelle ligne.

Au sortir du perforateur et quel que soit le système, la bande s'engage dans un appareil *transmetteur automatique* dont le rôle est de convertir les signaux perforés en signaux électriques et de transmettre ces derniers, par l'intermédiaire d'un organe appelé *distributeur*, dans la ligne, sous forme d'émissions de courant. Sans entrer dans le détail d'aucun des multiples transmetteurs automatiques connus ou en usage, on peut dire qu'ils comportent tous, en nombre égal au nombre maximum des trous d'une même combinaison (deux, dans le cas du code Morse, cinq dans le cas du code Baudot et de ses dérivés) des pointes ou aiguilles. Ces organes, chaque fois que la ou les perforations correspondant à un signal sont amenées en position convenable, sont sollicités de passer à travers les trous et ferment ainsi un ou plusieurs contacts électriques, permettant l'envoi ultérieur dans la ligne des émissions de courant nécessaires.



APPAREIL TRANSMETTEUR AUTOMATIQUE

Cet organe traduit les perforations du ruban de papier par des émissions de courant qui se propagent à travers la ligne.

Il est clair que la transmission automatique a le grand avantage d'être très régulière à toutes les vitesses ; elle dispense de recourir à des opérateurs particulièrement habiles, car ces opérateurs n'ont plus besoin d'être, somme toute, que des dactylographes ; comme tels, leur apprentissage est moins long, leur rendement individuel est meilleur et leur salaire n'est pas forcément celui des spécialistes. On peut encore ajouter qu'on peut les remplacer plus aisément.

Considérons maintenant la première des catégories de systèmes télégraphiques à grand rendement énumérées au début de la présente étude, celle des systèmes à *transmission multiple.* Les systèmes multiples reposent sur le principe de la division du temps : deux organes mobiles appelés *distributeurs* tournent en synchronisme aux deux extrémités de la ligne et répartissent cette dernière, à des moments déterminés, entre plusieurs opérateurs ; les transmissions ainsi effectuées ne sont pas simultanées mais *successives*, chaque agent, après avoir expédié un signal, disposant, pour préparer le suivant, du temps pendant lequel la ligne est attribuée aux autres.

Le principe de la transmission multiple, indiqué par Rouvier en 1858, fut appliqué pour la première fois en 1872 par Meyer, qui réalisa une installation permettant d'effectuer simultanément six transmissions en signaux Morse ; le système resta en exploitation en France jusque vers 1885, époque à laquelle il dut céder le pas au système inventé par le génial Français Baudot. Nous ne saurions mieux faire, pour appliquer le principe de la transmission multiple, que de décrire succinctement le système Baudot.

L'organe principal est le distributeur qui consiste essentiellement en un plateau d'ébonite portant des couronnes métalliques concentriques, divisées en plots ou *contacts* isolés électriquement les uns des autres ; un balai se déplace sur chacun de ces anneaux ; l'axe qui entraîne les balais est animé d'un mouvement rigoureusement isochrone ; au poste correspondant est un distributeur semblable, dont les balais sont mis en synchronisme avec ceux du premier, c'est-à-dire tournent à la même vitesse et se trouvent, au même moment, sur des contacts symétriques.

Au poste *A*, par exemple (fig. 2), les touches d'un manipulateur (il s'agit de la transmission manuelle, et, par conséquent, du clavier à cinq touches Baudot) sont reliées à cinq contacts consécutifs d'une couronne du distributeur ; au poste *B*, les contacts des mêmes numéros sont connectés

à cinq électro-aimants polarisés (c'est-à-dire dont l'armature n'est déplacée que sous l'effet d'un courant d'une polarité donnée) ; si l'on exécute, sur le manipulateur de *A*, l'une des trente et une combinaisons permises par le code (code Baudot), par exemple celle qui comporte l'abaissement des touches 1, 3, 5 (lettre *T*), on relie de ce fait les contacts 1, 3 et 5 du distributeur à la pile de travail (celle qui fournit le courant de la polarité exigée pour le fonctionnement des électro-aimants polarisés), tandis que les deuxième et quatrième restent en relation avec la pile de repos (celle dont le courant n'influe pas sur les électro-aimants en question) ; lorsque les balais des deux postes passent sur le contact nº 1, un courant de travail est envoyé sur la ligne et reçu dans le premier électro-aimant de *B* dont l'armature se trouve déplacée ; un courant de repos est ensuite émis par le deuxième contact et maintient la deuxième armature sur son butoir de repos ; un nouveau courant de travail, au moment du passage des balais sur le troisième contact, déplace l'armature 3 correspondante ; un courant de repos est alors émis par le quatrième contact, suivi d'un courant de travail final lorsque le balai passe sur le cinquième et dernier contact.

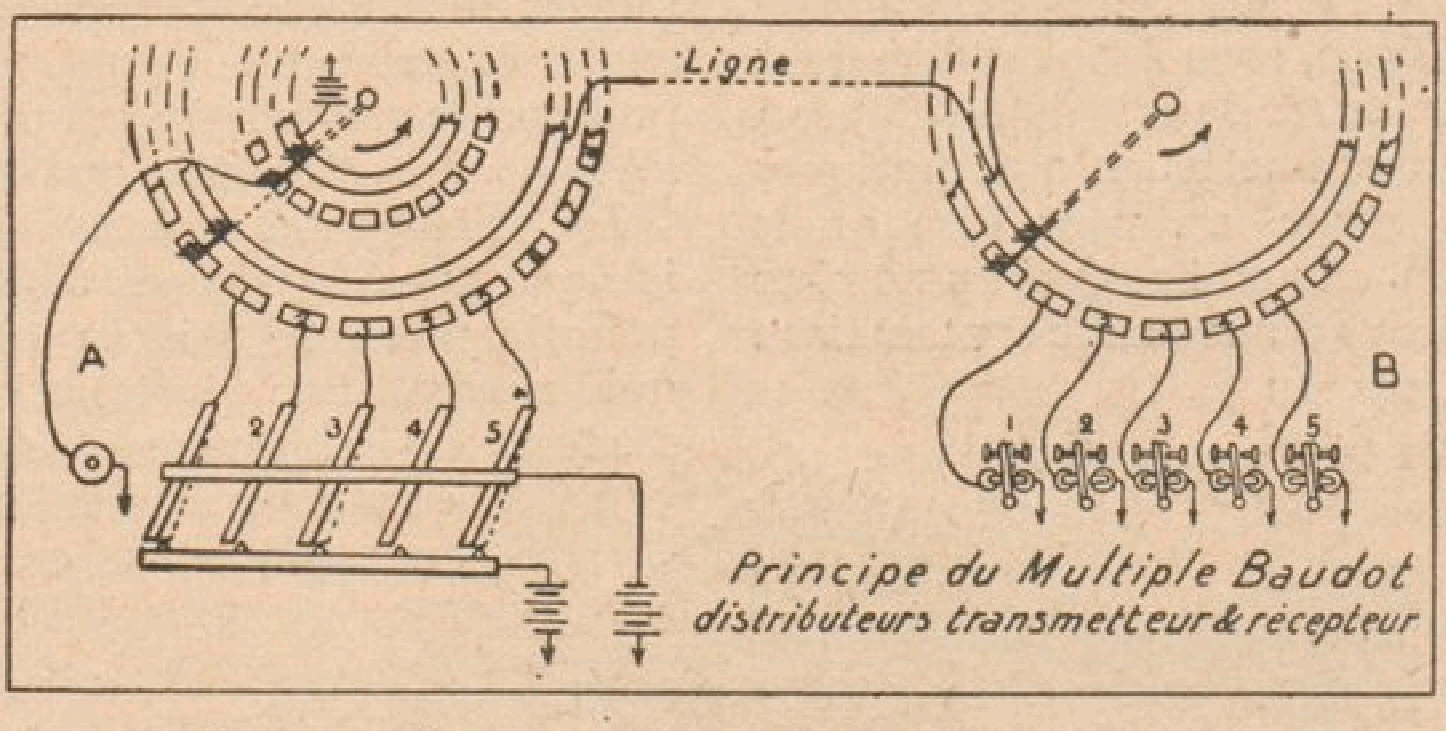


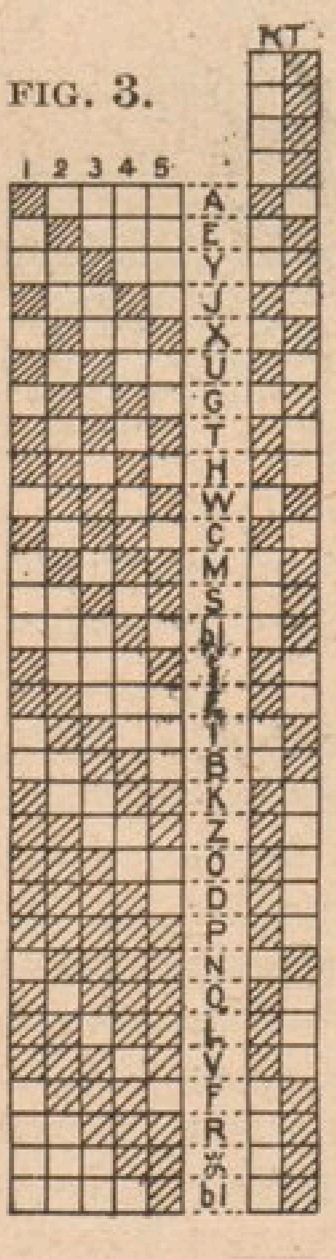
FIG. 2. — SCHÉMA DES CONNEXIONS AVEC DEUX POSTES

Lorsque les balais ont franchi le secteur, on trouve les première, troisième et cinquième armatures sur travail tandis que les deuxième et quatrième sont restées sur repos : le groupe des cinq armatures de *B* reproduit donc la combinaison exécutée au poste transmetteur ; il ne reste plus qu'à l'interpréter ou, si l'on préfère, à la traduire.

Les installations sont dites *doubles*, *triples*, *quadruples*, *sextuples* suivant que les balais, dans une révolution, parcourent deux, trois, quatre ou six secteurs semblables.

Les signaux enregistrés et en quelque sorte emmagasinés par le groupe des cinq électro-aimants récepteurs sont traduits automatiquement et imprimés sur une bande de papier dans un organe appelé *traducteur* ou *combinateur*, dont le premier modèle fonctionna en 1877 avec la première installation quintuple installée par Baudot. Cet appareil a subi depuis son apparition de grands perfectionnements ou plutôt des simplifications marquées. Il consiste actuellement et essentiellement en deux disques rotatifs en acier, accolés l'un à l'autre, bien que séparés par une cloison. Le premier disque, appelé *voie de repos*, porte sur les trente-cinq quarantièmes de son pourtour une série d'encoches et de pleins dont la figure 3 (première colonne à droite des lettres) donne le développement ; le deuxième disque, appelé *voie de travail*, est analogue au premier, mais il porte des pleins là où celui-ci porte des encoches et *vice versa* (la deuxième colonne à droite des lettres, sur la même figure en est la reproduction). Les colonnes numérotées 1, 2, 3, 4 et 5 indiquent l'ordre exact dans lequel se présentent les trente-et-une combinaisons du code.

FIG. 3.



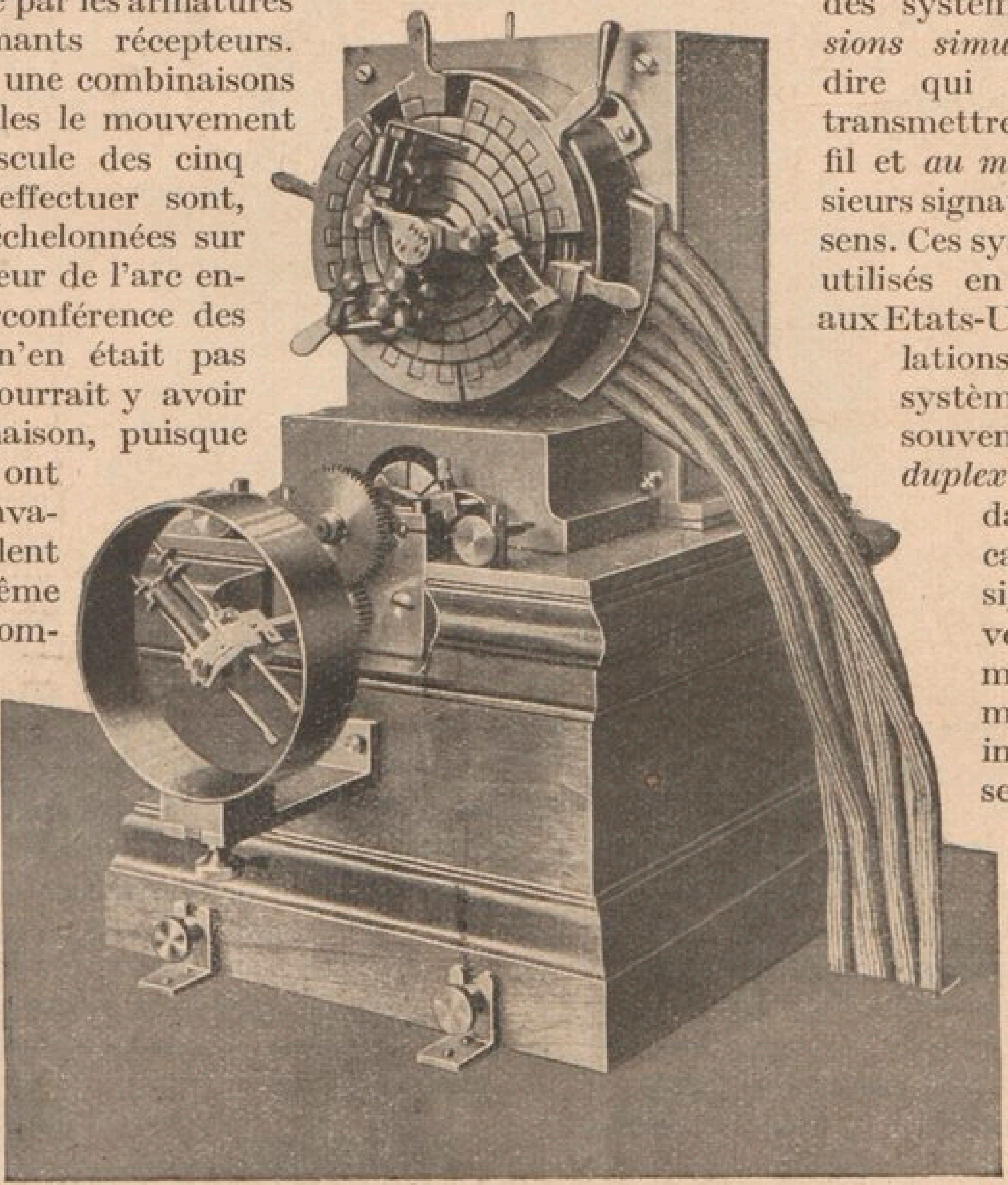
COMBINATEUR BAUDOT A DEUX VOIES

Au-dessus des disques sont disposés cinq leviers-chercheurs, placés les uns derrière les autres. Ces leviers ont tous tendance à basculer dans les creux ou encoches du disque au-dessus duquel ils se trouvent, mais aucun ne peut le faire tant qu'un seul d'entre eux se trouve retenu par un plein. Or, pour qu'ils se trouvent tous, à un même moment, au regard d'une encoche, il faut que les uns soient au-dessus de la voie de repos, tandis que les autres sont au-dessus de la voie de travail. Trente et une combinaisons sont alors possibles suivant lesquelles, tel ou tels leviers étant poussés de la voie de repos dans celle de travail, le mouvement de bascule pourra s'effectuer. Mais, précisément, les cinq électro-aimants récepteurs sont agencés de manière que ceux dont l'armature est actionnée com-

mandent une sorte d'aiguillage qui oblige les leviers correspondants à exécuter le déplacement en question. Cela revient à dire que, suivant que tel ou tels électro-aimants récepteurs seront excités, une combinaison particulière sera formée par les disques à encoches et leurs chercheurs, laquelle sera, par conséquent, apte à reproduire au moment voulu le signal enregistré par les armatures des électro-aimants récepteurs.

Les trente et une combinaisons suivant lesquelles le mouvement général de bascule des cinq leviers peut s'effectuer sont, on le conçoit, échelonnées sur toute la longueur de l'arc encoché de la circonférence des disques ; s'il n'en était pas ainsi, il ne pourrait y avoir qu'une combinaison, puisque les cinq leviers ont une position invariable et basculent toujours au même point. Chaque combinaison a donc un azimut particulier. Or, sur l'axe d'entraînement des disques est clavetée une roue des types ; comme elle tourne avec les disques, il est évident que, lorsqu'une combinaison est formée sur ces derniers, la roue des types présente un caractère donné par rapport à un point fixe quelconque situé dans son plan de rotation et que ce caractère est toujours le même pour une même combinaison. Si donc, à ce moment et en ce point, on projette le ruban de papier contre la roue des types, le caractère en question est imprimé. Or, c'est précisément ce que font, au moyen d'organes appropriés, les leviers chercheurs, chaque fois que, réussissant à basculer, ils forment une combinaison.

Tel est à la fois le principe du multiple Baudot et de l'impression sur bande au moyen du traducteur du même inventeur.



DISTRIBUTEUR CARPENTIER POUR TRANSMISSION OU RÉCEPTION SUR LIGNE EXPLOITÉE EN QUADRUPLE BAUDOT

Le rôle des distributeurs est de régler l'ordre d'envoi et de réception des émissions de courant correspondant aux signaux et aussi, dans les cas d'exploitation en multiple, de répartir la ligne, à des moments déterminés, entre plusieurs opérateurs.

On peut citer comme autres systèmes multiples, le Delany, le Rowland, le Baudot-Dubreuil, mais les deux premiers ont été abandonnés par la plupart des administrations qui les avaient mis en service ; quant au Baudot-Dubreuil, son principe est le même que celui que nous avons décrit.

Nous passerons maintenant à la catégorie des systèmes à *transmissions simultanées*, c'est-à-dire qui permettent de transmettre par le même fil et *au même instant* plusieurs signaux dans les deux sens. Ces systèmes sont très utilisés en Angleterre et aux Etats-Unis. Les installations employant ces systèmes sont, le plus souvent, montées en *duplex* ou *quadruplex ;* dans le premier cas, ce sont deux signaux qui peuvent être transmis simultanément mais en sens inverses ; dans le second, c'en est quatre. Le problème du montage en duplex comporte un assez grand nombre de solutions, presque toutes basées sur la méthode du pont de Wheatstone ; la plus efficace semble être celle dite du *duplex polarisé*.

Le duplex polarisé (fig. 4) comporte, à chaque bout de la ligne, les organes suivants : un inverseur de polarité pour transmettre, un rhéostat et un condensateur pour la *ligne factice* ou *artificielle*, un relai polarisé différentiel pour recevoir, un récepteur au son, ou parleur, désigné aussi par son nom anglais *Sounder*, une source de courant de ligne et une source de courant local.

La ligne artificielle est constituée à chaque station par un circuit local mis à la terre ; son rôle est de permettre au récepteur d'un poste de ne pas être influencé par les trans-

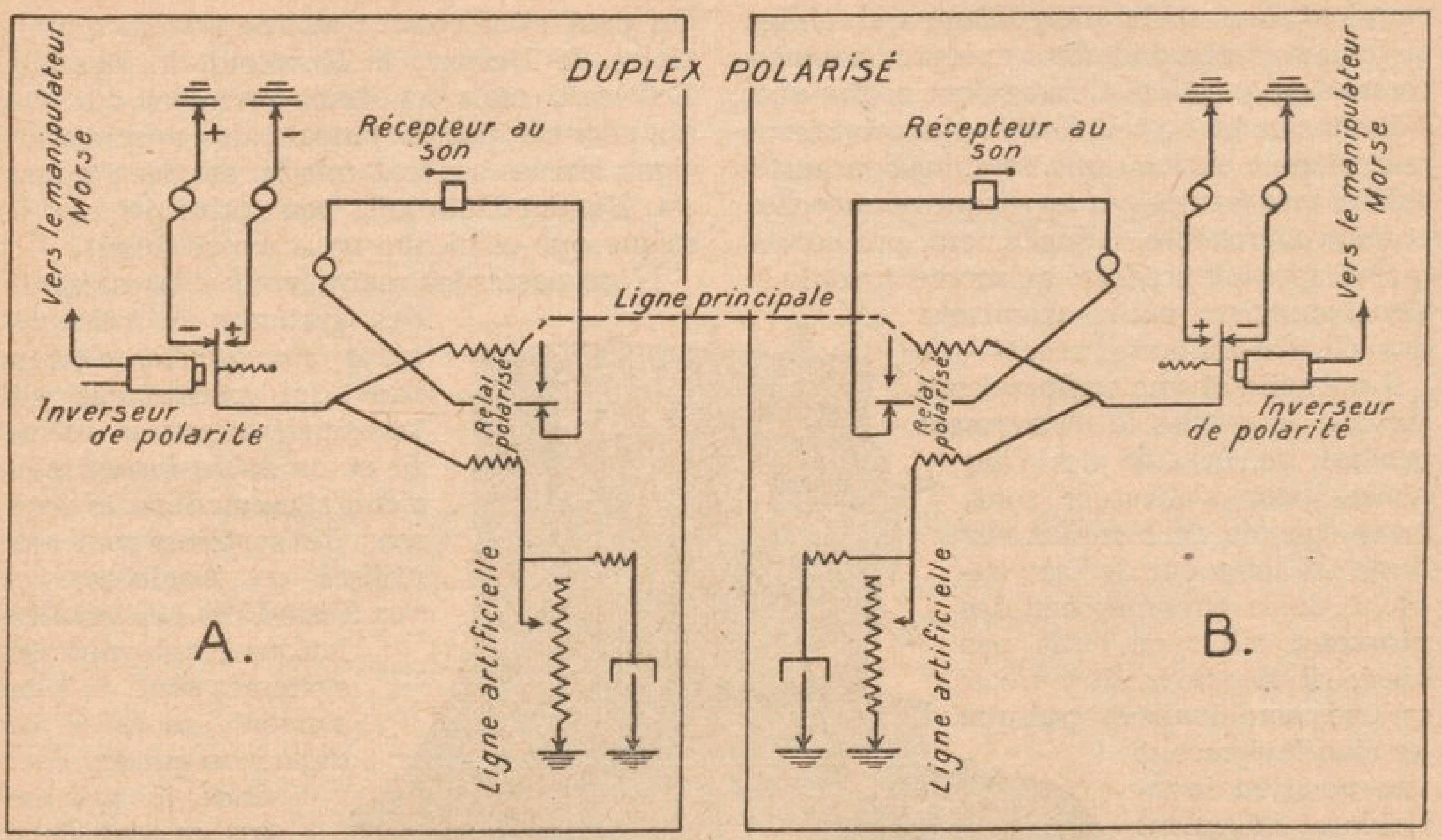


FIG. 4. — L'EXPLOITATION D'UNE LIGNE EN DUPLEX PERMET, AU MOYEN D'UN SEUL FIL, DE TRANSMETTRE ET DE RECEVOIR SIMULTANÉMENT UN MESSAGE

missions effectuées de ce même poste.

L'inverseur de polarité est tout simplement un relai qui, comme son nom l'indique, permet de relier la ligne soit au pôle positif, soit au pôle négatif de la source de courant.

Le rhéostat et le condensateur, tous deux variables, servent à régler la résistance et la capacité de la ligne artificielle sur celles de la ligne véritable qui relie les postes *A* et *B* (voir la figure 4 ci-dessus) ; ce réglage s'appelle *faire la balance* ou encore *équilibrer*.

Le relai polarisé différentiel est un électro-aimant à deux enroulements contrariés, qui n'attire son armature, laquelle ferme et ouvre le circuit du *Sounder*, que lorsqu'il est parcouru par un courant d'une certaine polarité ; son fonctionnement est donc intimement lié à celui de l'inverseur de polarité mentionné plus haut. Ce relai n'est sensible et ne répond qu'aux émissions provenant de l'autre extrémité de la ligne ; c'est la raison pour laquelle il lui est possible d'enregistrer

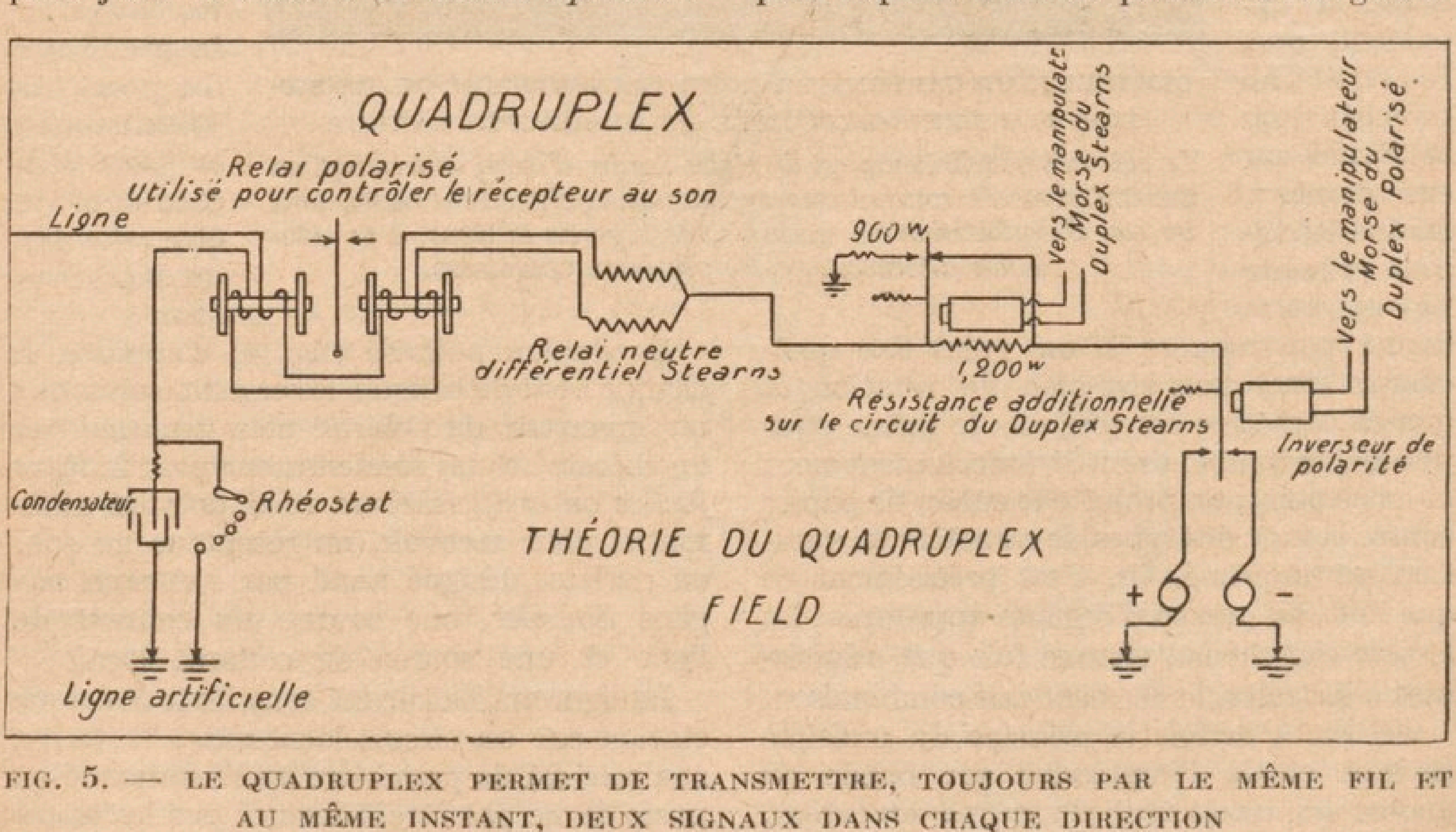
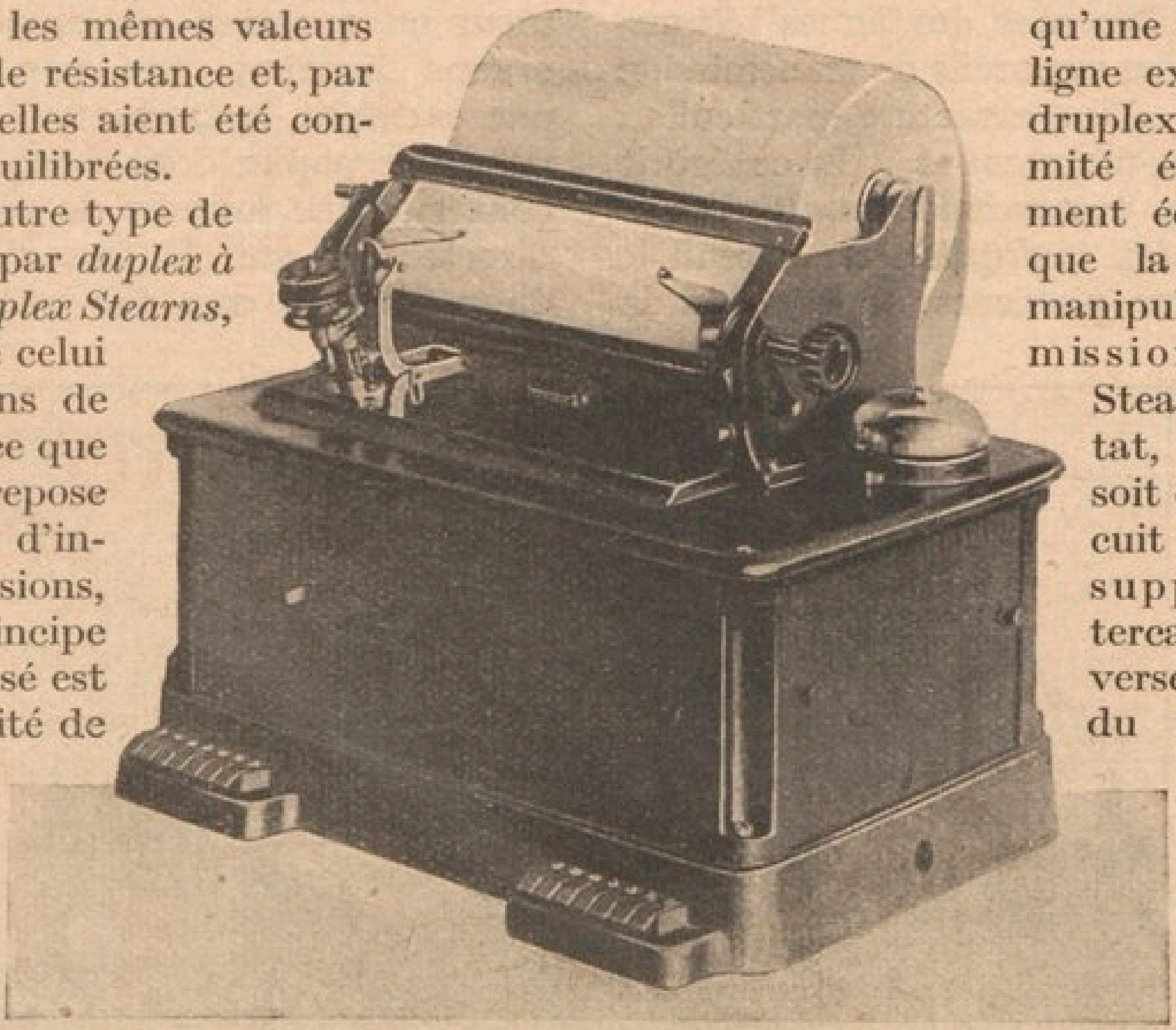


FIG. 5. — LE QUADRUPLEX PERMET DE TRANSMETTRE, TOUJOURS PAR LE MÊME FIL ET AU MÊME INSTANT, DEUX SIGNAUX DANS CHAQUE DIRECTION

les signaux du poste correspondant tout en laissant passer ceux de son propre poste. Pour cela, il faut, cependant, que la ligne réelle et la ligne artificielle aient rigoureusement les mêmes valeurs de capacité et de résistance et, par conséquent, qu'elles aient été convenablement équilibrées.

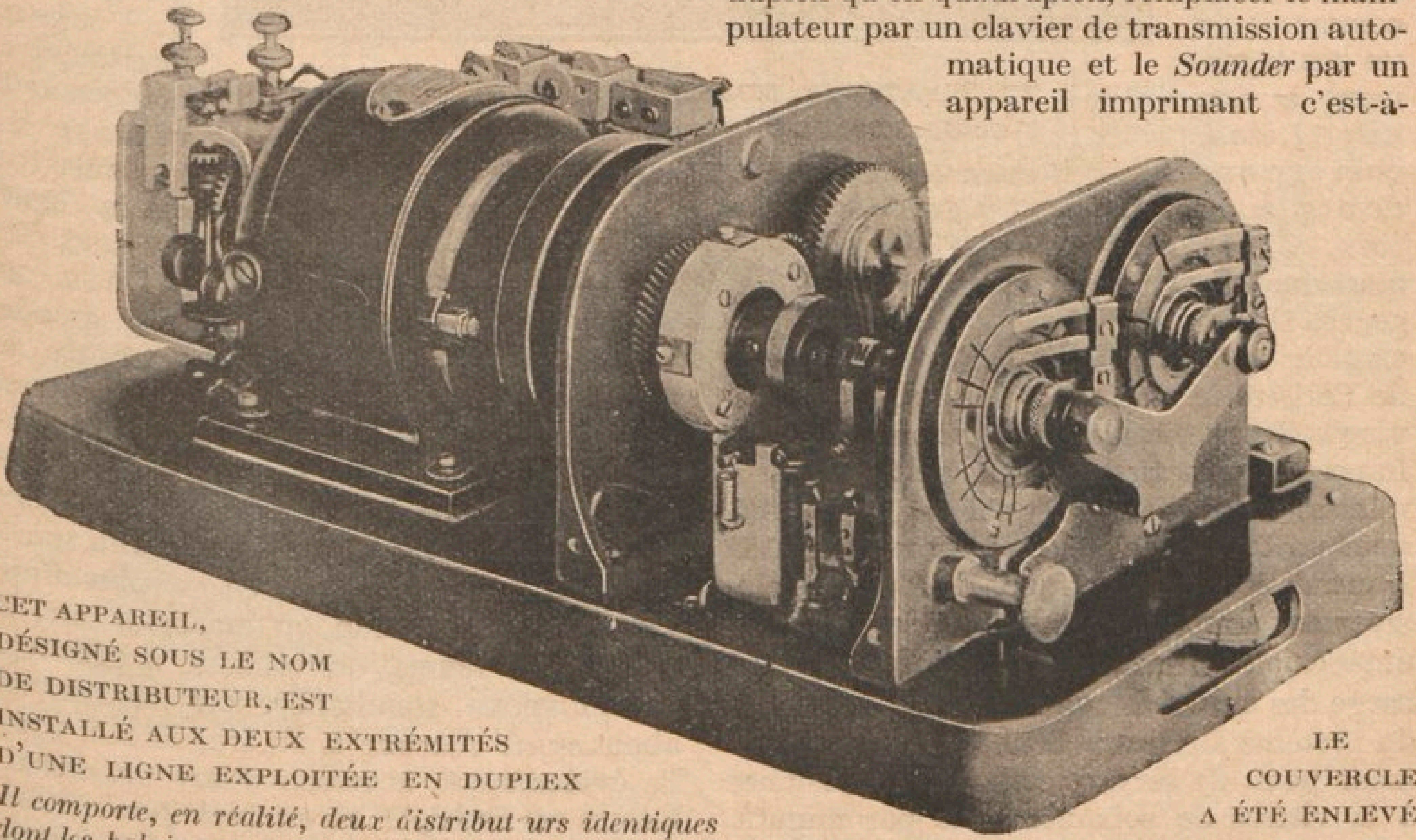
Il existe un autre type de duplex, désigné par *duplex à un courant* ou *duplex Stearns*, qui ne diffère de celui que nous venons de décrire que parce que son principe repose sur la variation d'intensité des émissions, alors que le principe du duplex polarisé est basé sur la polarité de ces émissions. Le duplex Stearns fait donc usage, pour la transmission, d'un relai différentiel, tandis que le duplex polarisé emploie un relai polarisé. Le Stearns est très peu employé ; par contre, c'est de la combinaison de ces deux duplex qu'est né l'un des meilleurs, sinon le meilleur *quadruplex*, le quadruplex Field. Cette combinaison est représentée sur la figure 5. En examinant cette dernière, qui, pour plus de clarté, ne schématise qu'une extrémité de la ligne exploitée en quadruplex (l'autre extrémité étant identiquement équipée), on voit que la manœuvre du manipulateur de transmission du duplex Stearns a pour résultat, soit de shunter, soit de mettre en circuit une résistance supplémentaire intercalée entre l'inverseur de polarité du duplex polarisé et le relai polarisé. Cela revient à greffer sur la transmission polarisée une transmission à intensité variable ; on réalise ainsi la possibilité d'effectuer, sur le même fil, une double transmission et une double réception simultanées.



IMPRIMEUR AUTOMATIQUE SYSTÈME MORKRUM

Cet appareil imprime les messages sur du papier format commercial ou sur les formules mêmes des télégrammes, et non, comme le traducteur Baudot, sur une bande dont il faut coller l.s tronçons.

Il va de soi qu'on peut, aussi bien en duplex qu'en quadruplex, remplacer le manipulateur par un clavier de transmission automatique et le *Sounder* par un appareil imprimant c'est-à-



CET APPAREIL, DÉSIGNÉ SOUS LE NOM DE DISTRIBUTEUR, EST INSTALLÉ AUX DEUX EXTRÉMITÉS D'UNE LIGNE EXPLOITÉE EN DUPLEX — LE COUVERCLE A ÉTÉ ENLEVÉ

Il comporte, en réalité, deux distribut urs identiques dont les balais sont actionnés par le même mot ur ; l'un sert à la transmission et l'autre à la réception.

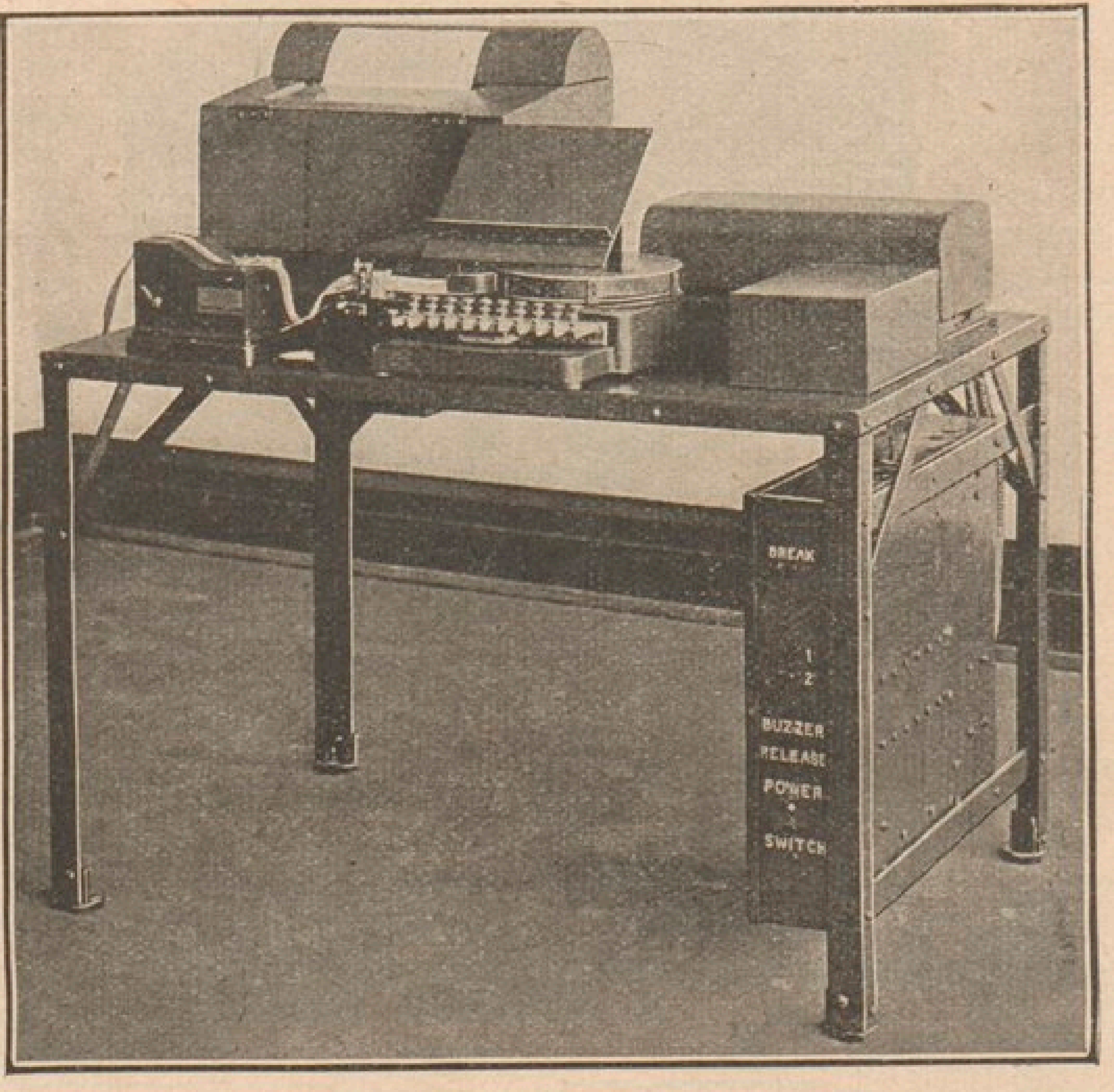
dire employer des appareils analogues à ceux dont il a été parlé à propos du multiple Baudot, car les mots *multiple*, *duplex* et *quadruplex* ne définissent que des méthodes d'exploitation différentes des lignes télégraphiques et non des appareils de transmission et de réception d'un caractère particulier.

Nous arrivons maintenant à la catégorie des appareils à *transmission multipliée*.

Par *transmission multipliée*, on entend le moyen d'envoyer plusieurs dépêches à la fois par le même fil et à l'aide d'un seul transmetteur manœuvré par un seul employé, ces dépêches étant reçues par des récepteurs différents. On conçoit qu'un tel dispositif soit avantageux dans certains cas, par exemple pour les agences de presse dont le bureau central peut, en se servant d'un seul transmetteur, communiquer un renseignement à dix, vingt, etc... correspondants à la fois. C'est ainsi que l'Agence Havas emploie le télégraphe Wright à l'intérieur de Paris et le Hughes et le Baudot en province. Chose bizarre, les agences de presse françaises s'en tiennent encore à la transmission manuelle alors qu'il est si indiqué, pour un travail de ce genre, de recourir à la transmission automatique, d'ailleurs exclusivement employée par les agences de presse américaines. Ainsi, l'*Associated Press* fait usage des appareils rapides et automatiques du système Morkrum dont l'appareil imprimeur peut, en service courant, fonctionner à la vitesse de soixante mots par minute.

Remarquons, en passant, que le mot étant compté à raison de cinq lettres et d'une espace et cette dernière étant, en durée, égale à une lettre, c'est trois cent soixante lettres à la minute ou *six lettres à la seconde* que l'imprimeur en question est capable d'écrire. Cet organe imprime non pas, comme le fait, par exemple, le traducteur Baudot, sur un ruban de papier dont il faut coller les tronçons sur une formule de télégramme, mais directement sur la formule elle-même ou, dans certains cas, sur une bande sans fin ayant la largeur d'une feuille de papier format commercial.

Il est peu d'imprimeurs qui permettent, en service courant, une vitesse de l'ordre de soixante mots par minute, sauf, cependant, le Creed, dont nous parlerons plus loin. Qu'on ne se méprenne point. Il n'est ici question que de la vitesse de fonctionnement de l'organe imprimant et non pas de la vitesse de transmission de la ligne, qui peut être infiniment plus grande, si paradoxal que cela puisse paraître au profane, à première vue. Si, en effet, la vitesse de fonctionnement de l'imprimeur récepteur régit bien le nombre de signaux qui peuvent être transmis dans l'unité de temps sur une ligne reliant directement cet organe au transmetteur, en pratique il n'en est plus ainsi, pour la simple raison qu'une ligne sert, la plupart du temps, de véhicule à plusieurs transmissions simultanées ou successives, aboutissant chacune à un traducteur. C'est là, évidemment, la raison d'être des installations en multiple et en multiplex. Ainsi, un quadruple Baudot permettra soit quatre



POSTE TRANSMETTEUR MORKRUM POUR LA DISTRIBUTION TÉLÉGRAPHIQUE DES NOUVELLES DE PRESSE

Le perforateur est du type électro-mécanique. L'imprimeur, visible derrière et à gauche, sert de répétiteur-enregistreur des messages transmis. Le bruit de fonctionnement de cet organe et du distributeur (visible derrière et à droite) est assourdi par des couvercles spéciaux.

transmissions dans le même sens, et alors, bien que chaque traducteur ne soit capable d'imprimer que trente mots par minute, la vitesse de transmission sera de cent vingt mots, soit une dans un sens et trois dans l'autre, soit enfin deux dans chaque sens, ce qui donne toujours cent vingt mots, non plus exactement comme vitesse de transmission, mais comme capacité exploitée de la ligne. Un duplex Morkrum permettrait de transmettre soixante mots à la fois dans les deux sens, ce qui donne encore cent vingt mots comme capacité exploitée mais, cette fois, avec seulement un traducteur à chaque extrémité.

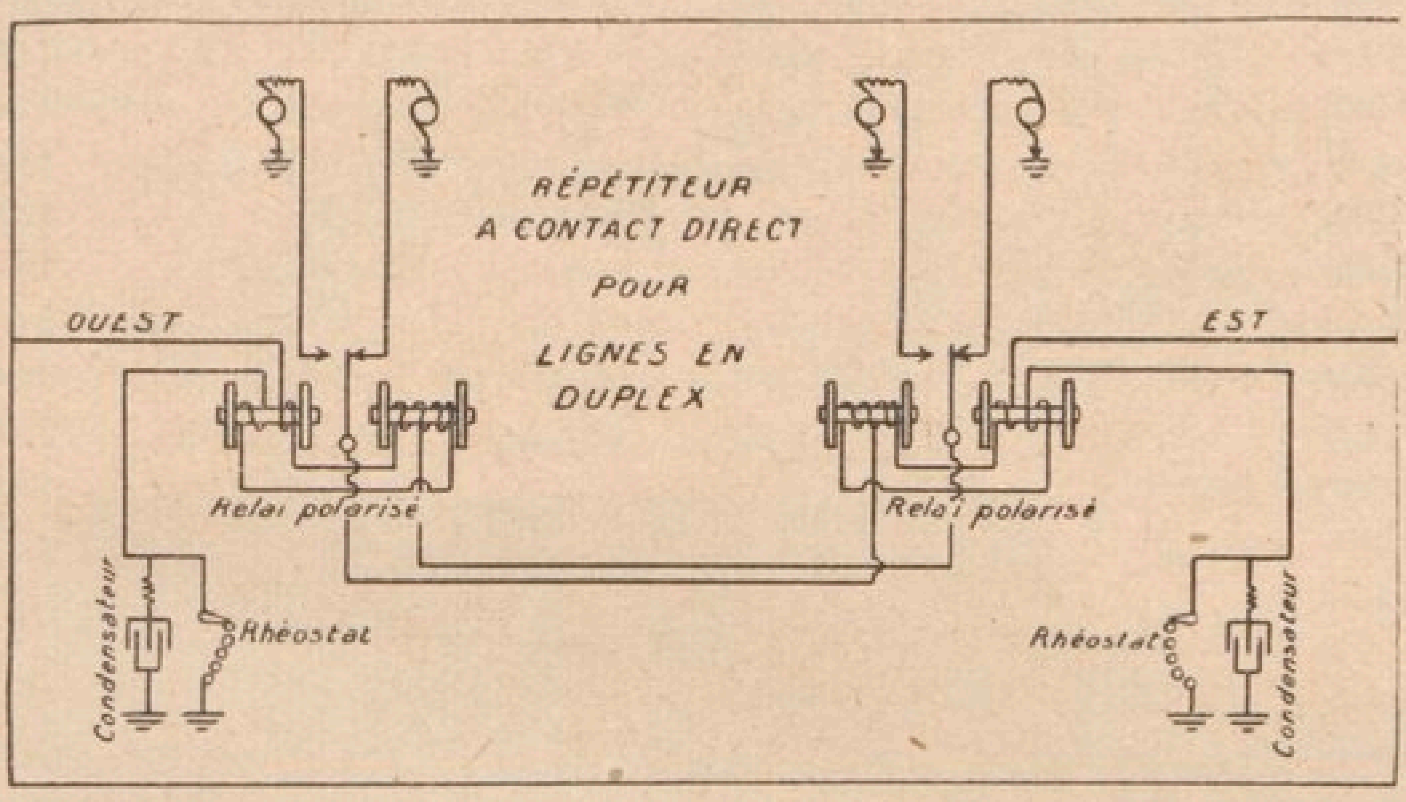
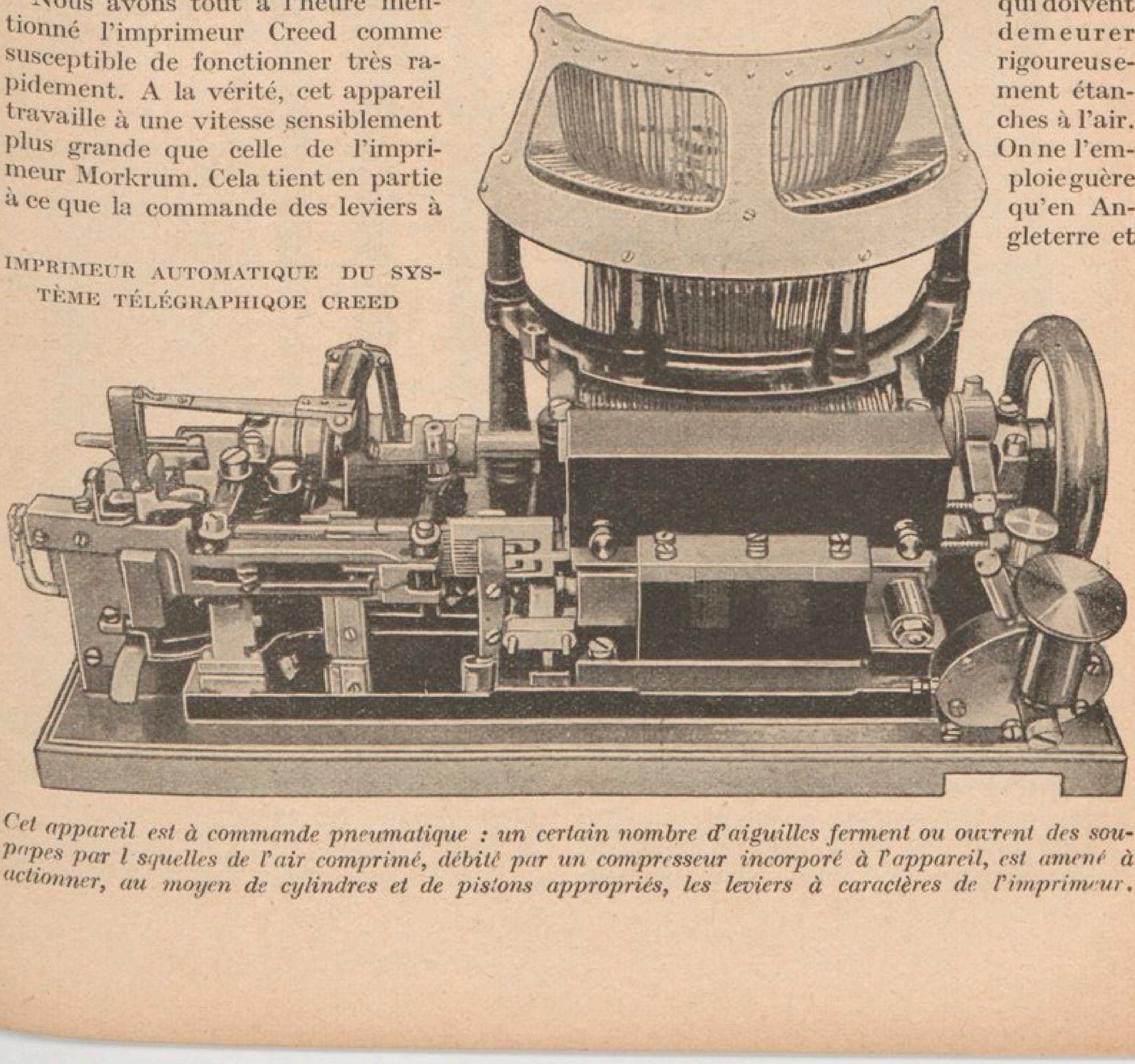


FIG. 6. — LES RÉPÉTITEURS SERVENT A RENFORCER L'INTENSITÉ DES SIGNAUX SUR LES LIGNES DE GRANDE LONGUEUR

Nous avons tout à l'heure mentionné l'imprimeur Creed comme susceptible de fonctionner très rapidement. A la vérité, cet appareil travaille à une vitesse sensiblement plus grande que celle de l'imprimeur Morkrum. Cela tient en partie à ce que la commande des leviers à caractères, tout à fait analogues à ceux d'une machine à écrire, qu'il comporte, est pneumatique ; elle fait donc intervenir des pistons au lieu d'électro-aimants, ce qui réduit les retards mécaniques. Par contre, cet appareil n'imprime pas directement les signaux reçus ; il ne fait que traduire une bande perforée automatiquement à la réception ; le système Creed exige donc un organe supplémentaire à chaque poste récepteur, plus, bien entendu, un compresseur d'air. Il est, de ce fait, très sensiblement plus cher que les imprimeurs électro-mécaniques ; il se dérègle aussi plus facilement, du fait qu'il comporte un très grand nombre de joints qui doivent demeurer rigoureusement étanches à l'air. On ne l'emploie guère qu'en Angleterre et

IMPRIMEUR AUTOMATIQUE DU SYSTÈME TÉLÉGRAPHIQOE CREED



Cet appareil est à commande pneumatique : un certain nombre d'aiguilles ferment ou ouvrent des soupapes par l squelles de l'air comprimé, débité par un compresseur incorporé à l'appareil, est amené à actionner, au moyen de cylindres et de pistons appropriés, les leviers à caractères de l'imprimeur.

encore, uniquement pour les services de presse.

En outre des appareils transmetteurs et récepteurs proprement dits, une ligne comporte, si elle est trop longue pour être exploitée *en direct*, des organes intermédiaires ; il en existe de deux sortes : 1° les *retransmetteurs* et 2° les *répétiteurs*. En France, on emploie exclusivement les premiers, tandis que les seconds sont en usage dans plusieurs pays étrangers et surtout aux Etats-Unis.

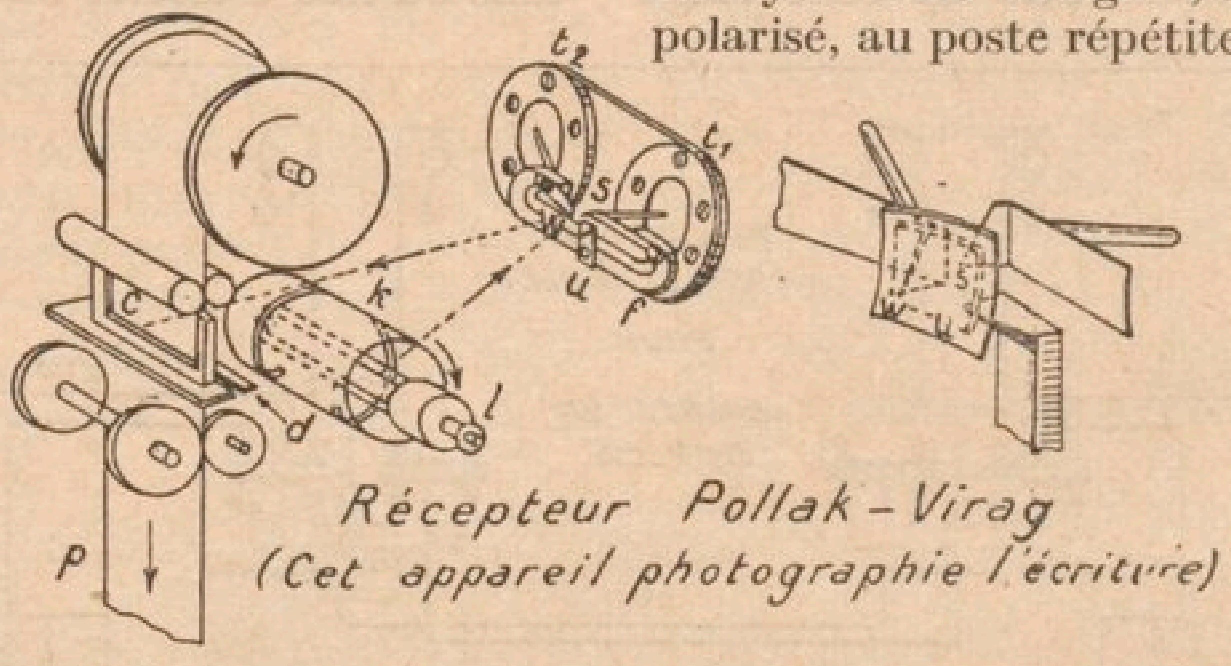


FIG. 7. — LES COURANTS PARVENANT AU POSTE RÉCEPTEUR METTENT EN MOUVEMENT UN MIROIR QUI, EN RÉFLÉCHISSANT UN RAYON LUMINEUX, TRACE L'ÉCRITURE SUR UNE BANDE DE PAPIER SENSIBLE

Un retransmetteur n'est autre chose qu'un manipulateur automatique, pour la manœuvre duquel les doigts d'un opérateur sont remplacés par des armatures d'électro-aimants. Le retransmetteur reçoit du poste émetteur tout comme si les signaux lui étaient destinés et réexpédie ceux-ci en redressant les déformations plus ou moins importantes qu'ils ont subies dans la première partie de leur parcours ; cette rectification s'opère d'elle-même, du fait que le retransmetteur effectue, en réalité, une manipulation nouvelle. A cet avantage s'en ajoute un autre très important : l'indisponibilité de l'une des sections de la ligne n'entraîne pas forcément l'immobilisation du restant de la ligne, comme cela se produirait si le poste intermédiaire ne consistait qu'en un simple relai renforçateur.

Les *répétiteurs*, qui ne sont pas autre chose que des relais, sont pourtant, aux Etats-Unis, exclusivement employés, même sur les lignes transcontinentales. Notre figure 6 représente l'un des répétiteurs le plus communément employés avec les lignes duplexées et dont le principe de fonctionnement est le suivant : supposons, par exemple, qu'au bureau situé à l'extrémité Est de la ligne, on ait abaissé le manipulateur de transmission (pour simplifier, nous admettrons que le transmetteur est un simple manipulateur Morse) ; une émission de courant de travail aura été envoyée dans la ligne ; l'armature du relai polarisé, au poste répétiteur, aura été attirée dans la direction indiquée sur la figure et aura fermé un contact intercalé sur le circuit d'une source locale de courant débitant du courant de travail ; une émission de ce courant aura pu alors s'acheminer dans le tronçon Ouest de la ligne. Lorsqu'au bureau en question (extrémité Est), on laissera remonter le manipulateur, c'est, au contraire, une émission de courant de repos qui sera envoyée dans le fil et parcourra le relai polarisé du poste répétiteur ; l'armature de ce relai sera attirée dans l'autre sens et mettra une autre source locale de courant débitant du courant de repos en communication avec la partie Ouest de la ligne. Comme on peut le voir sur la figure, il y a, en réalité, deux relais puisqu'il s'agit d'une ligne duplexée, mais la théorie ne varie pas, car ces deux relais ne peuvent, on le conçoit, interférer entre eux.

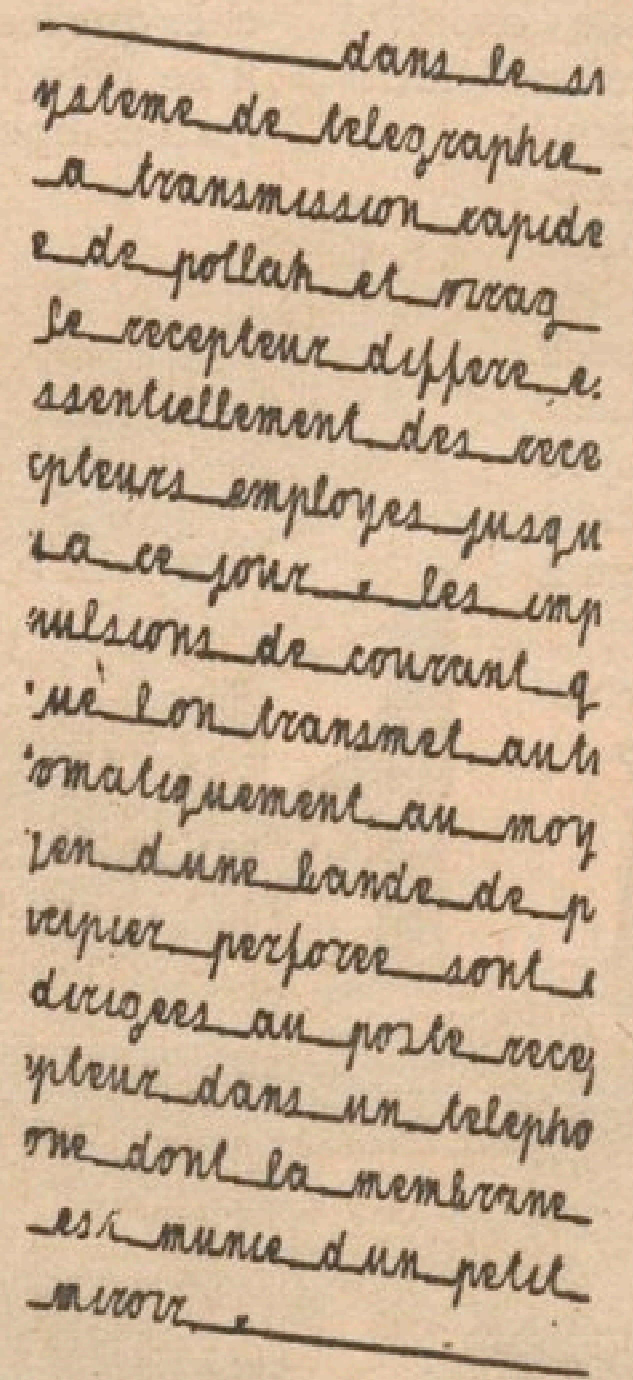


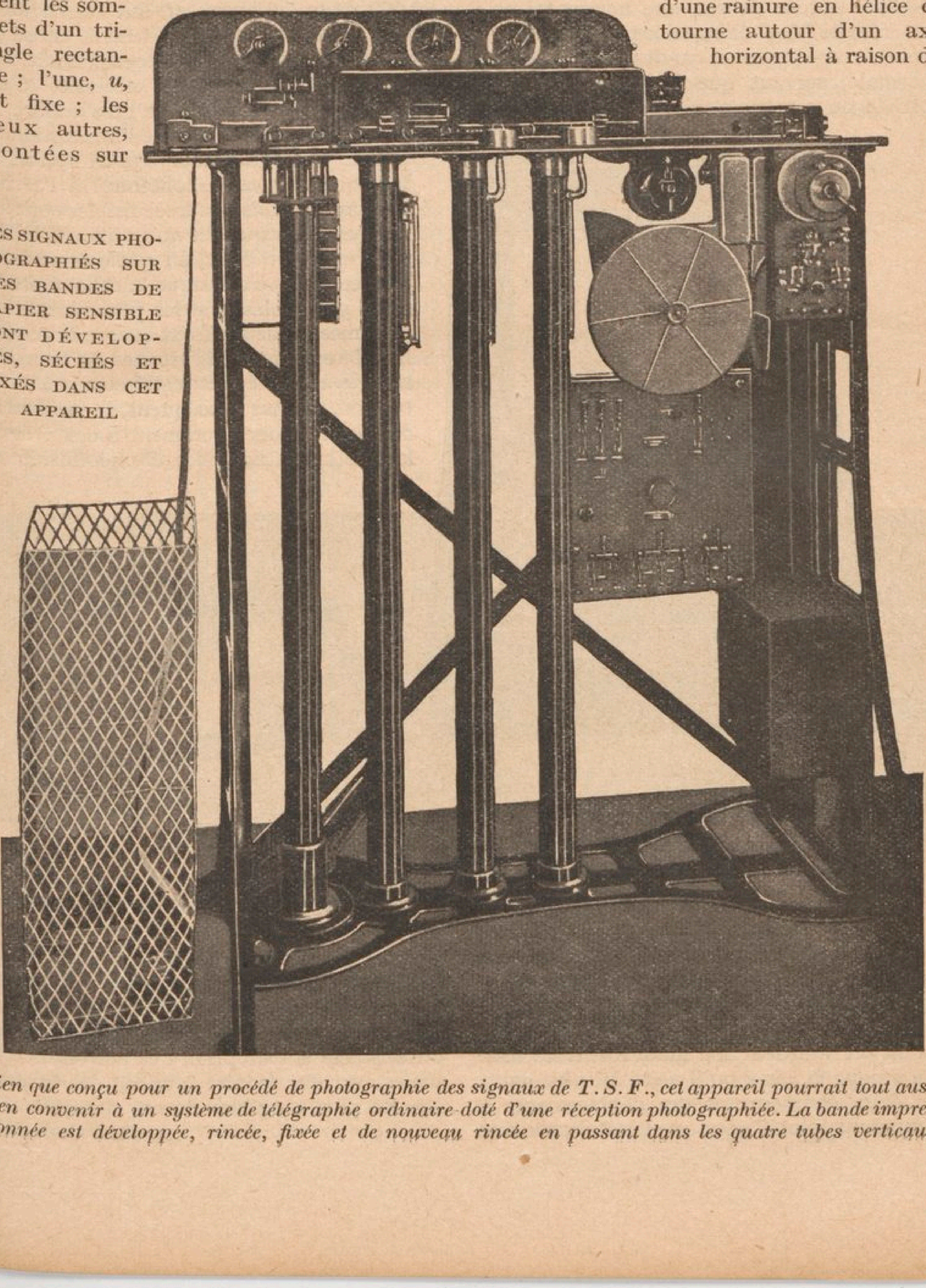
FIG. 8. — FAC-SIMILÉ DE L'ÉCRITURE DU RÉCEPTEUR POLLAK-VIRAG

Pour terminer cette étude déjà longue, bien que fort incomplète, nous allons dire quelques mots d'un système de télégraphe qui, bien que n'appartenant à aucune des trois catégories que nous avons décrites, se rattache à celle, plus générale, des systèmes dits rapides. Ce système est le Pollak-Virag, dont, faute de documents originaux, je me permettrai d'emprunter les quelques lignes de description qui suivent au texte d'une conférence faite, il y a quelques mois, par M. Montoriol, professeur à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes, devant les membres assemblés de la Société Française des Electriciens :

« Le Pollak-Virag diffère essentiellement

des précédents quant à son principe, qui est le suivant (voir fig. 7) : les courants parvenant au poste récepteur mettent en mouvement un petit miroir sur lequel vient frapper un rayon lumineux ; ce rayon, convenablement réfléchi, trace, en écriture cursive, les lettres et les mots sur une bande de papier photographique, qu'il suffit ensuite de développer et de fixer comme d'ordinaire. Voici comment ce résultat est obtenu : au dos du miroir en verre est collée une petite plaquette de fer doux appuyée sur trois pointes fortement aimantées ; les trois pointes *w*, *u*, *s* forment les sommets d'un triangle rectangle ; l'une, *u*, est fixe ; les deux autres, montées sur des ressorts, sont élastiques et reliées par de petites bielles, au centre des membranes de deux récepteurs téléphoniques t^1 et t^2 ; celles-ci, lorsqu'elles se déplacent sous l'action de courants venant de la ligne, font osciller le miroir autour de l'axe vertical *u s* ou autour de l'axe horizontal *w u ;* on a donc les deux composantes du tracé à obtenir.

« Le rayon lumineux est émis par une lampe à incandescence à filament rectiligne *l*, enfermée dans un cylindre en tôle *k*, placé lui-même dans un second cylindre non représenté sur la figure ; le cylindre *k* est entaillé d'une rainure en hélice et tourne autour d'un axe horizontal à raison de



LES SIGNAUX PHOTOGRAPHIÉS SUR DES BANDES DE PAPIER SENSIBLE SONT DÉVELOPPÉS, SÉCHÉS ET FIXÉS DANS CET APPAREIL

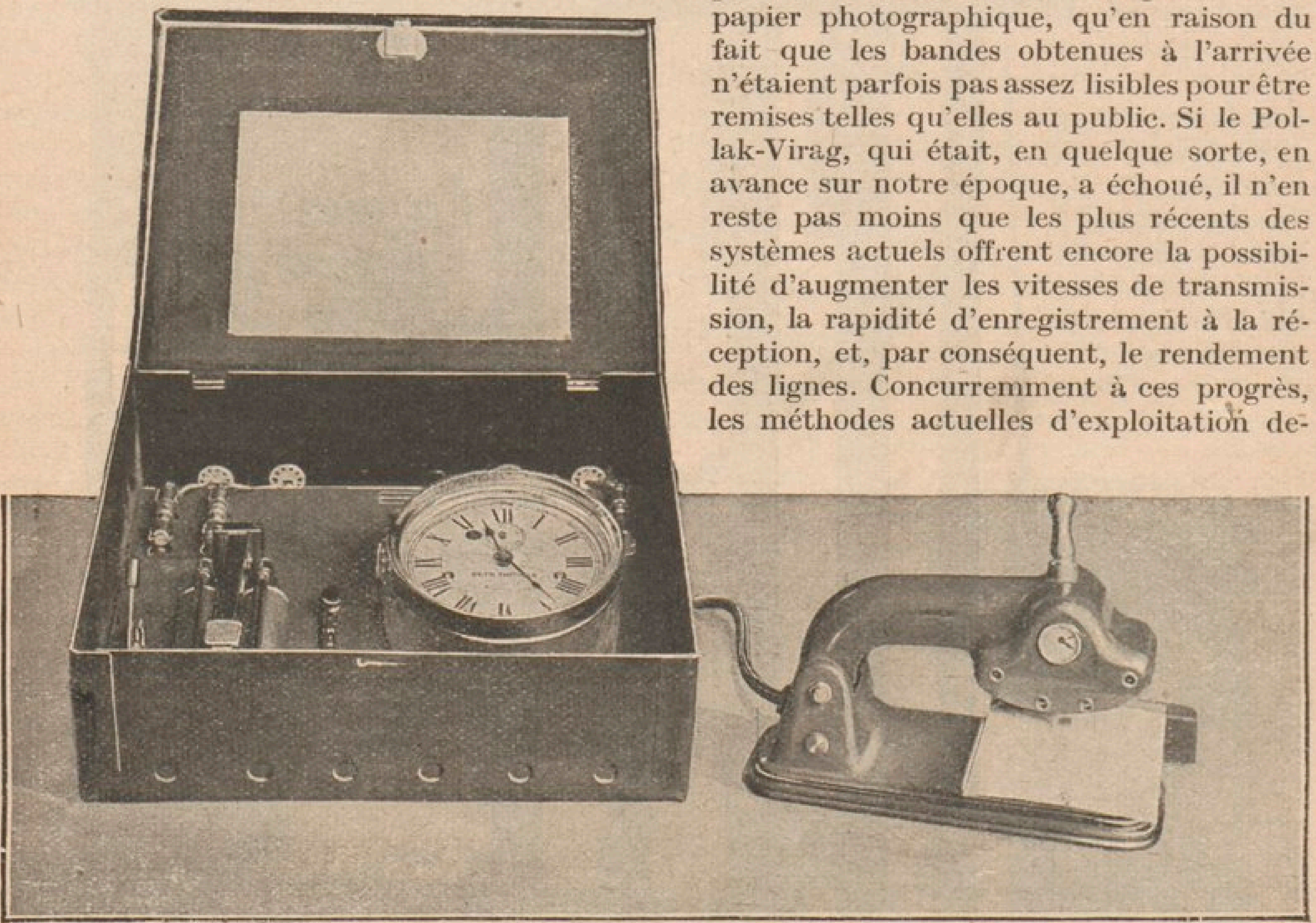
Bien que conçu pour un procédé de photographie des signaux de T. S. F., cet appareil pourrait tout aussi bien convenir à un système de télégraphie ordinaire doté d'une réception photographiée. La bande impressionnée est développée, rincée, fixée et de nouveau rincée en passant dans les quatre tubes verticaux,

trois à quatre tours par seconde ; le second cylindre est fixe et fendu suivant une génératrice ; le rayon lumineux émis par la lampe ne peut donc passer que par l'intersection de la rainure hélicoïdale et de la fente rectiligne ; ce point lumineux se déplace ainsi suivant une ligne droite. Aussi longtemps que le miroir reste fixe, le point réfléchi, qui vient frapper la bande de papier photographique *p*, l'impressionne également suivant une ligne droite ; mais, si le récepteur t^1, par exemple, est parcouru par des courants, le miroir se trouve déplacé autour de son axe horizontal et il en résulte des élongations verticales du point *c*, au-dessus ou au-dessous de la ligne normale, suivant que la membrane a été attirée ou repoussée, c'est-à-dire suivant la polarité des courants reçus. Si les impulsions sont envoyées dans l'autre téléphone t^2, le miroir bascule autour de son axe vertical et les déplacements horizontaux du point *c* accélèrent ou retardent son mouvement normal. On a donc là, ainsi qu'il a été dit plus haut, les deux composantes des déplacements à donner au point *C* pour que la résultante soit un tracé d'écriture cursive, semblable à celui que montre la figure 8. La bande passe ensuite dans des bains de développement et de fixage, dans lesquels elle reste respectivement environ six et sept secondes ; le papier est sec lorsqu'il sort de l'appareil.

« La correspondance exige l'emploi de deux fils de ligne. La transmission est automatique et effectuée à l'aide d'une bande perforée par un clavier de machine à écrire. »

L'appareil Pollak-Virag a été mis en essai en Allemagne en 1903 et en Angleterre en 1905, mais bien qu'il écoulât environ 32.000 mots à l'heure, on dut l'abandonner dans l'un et l'autre pays, tant à cause des troubles d'induction qu'il occasionnait dans les lignes voisines, de la nécessité d'employer deux conducteurs de gros calibre, du prix relativement élevé de l'impression sur papier photographique, qu'en raison du fait que les bandes obtenues à l'arrivée n'étaient parfois pas assez lisibles pour être remises telles qu'elles au public. Si le Pollak-Virag, qui était, en quelque sorte, en avance sur notre époque, a échoué, il n'en reste pas moins que les plus récents des systèmes actuels offrent encore la possibilité d'augmenter les vitesses de transmission, la rapidité d'enregistrement à la réception, et, par conséquent, le rendement des lignes. Concurremment à ces progrès, les méthodes actuelles d'exploitation devront s'améliorer et se moderniser ; sinon, l'élément humain, qu'on n'arrivera jamais à éliminer complètement d'une méthode, si perfectionnée soit-elle, se chargera d'être un obstacle à l'adoption des nouveaux systèmes, ou de réduire à néant les avantages les plus tangibles de ces derniers.

André Crober



L'HEURE AUSSI BIEN QUE LA DATE SONT, AUX ÉTATS-UNIS, TIMBRÉES SUR LES TÉLÉGRAMMES

Le dateur horaire est contrôlé électriquement, ainsi que sa montre-témoin, par une horloge mère qui se remonte automatiquement et peut commander, au moyen de relais, autant de timbres qu'on veut.

LE VOLCANISME EXPÉRIMENTAL

Par Eugène **RAMBERT**

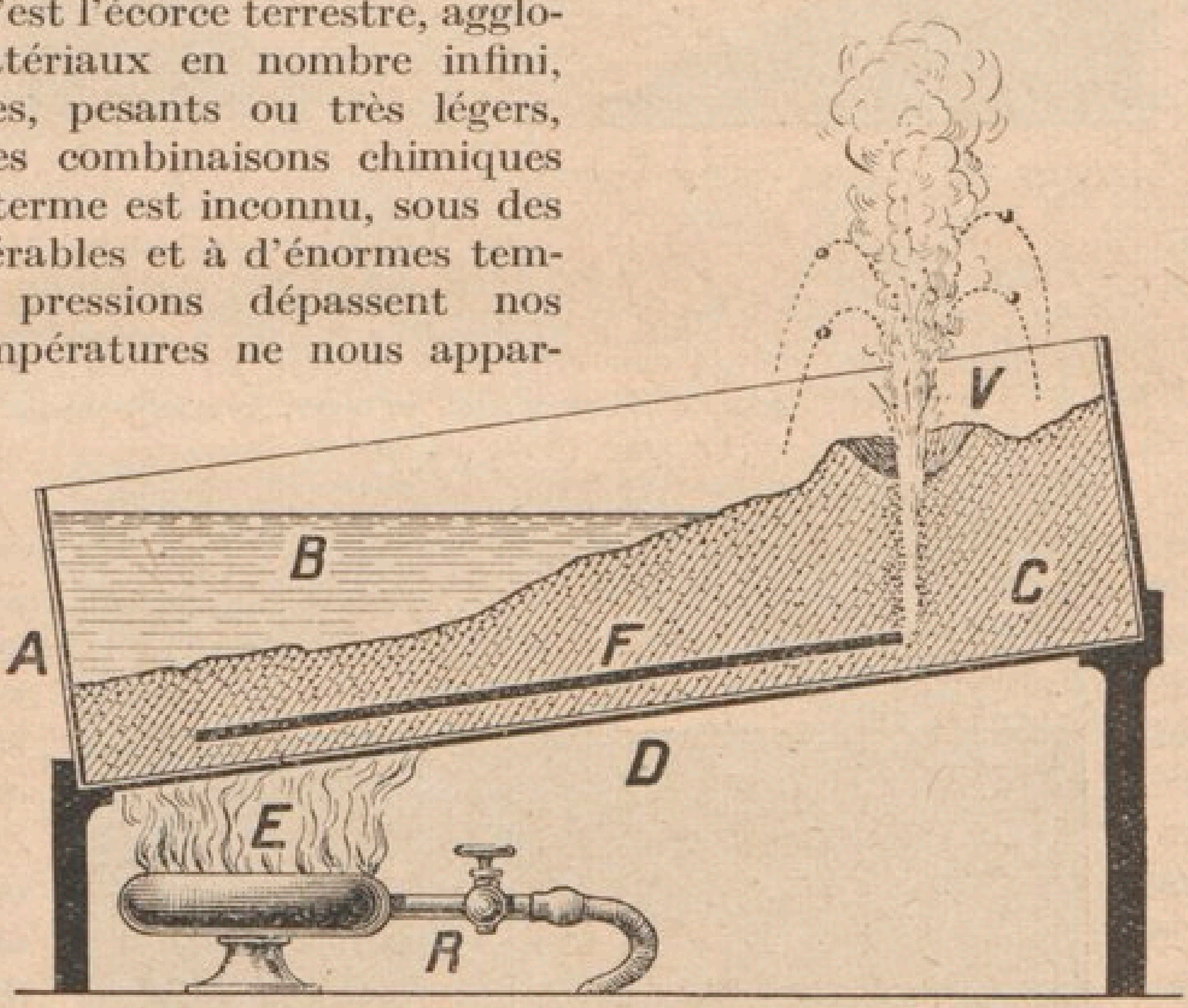
La géologie n'est pas une science exacte. Faite d'hypothèses basées sur des observations superficielles ou insuffisamment répétées, elle se présente sous l'aspect d'une personne aux formes opulentes recouvertes d'une gaze chatoyante mais si légère que la plus petite piqûre déchire le tissu, et dégonfle les formes... Pour peu que les blessures se multiplient, la majesté de l'idole s'annihile ; aucun muscle résistant n'en maintient l'épiderme qui vient se coller directement sur le squelette.

Le squelette, c'est l'écorce terrestre, agglomération de matériaux en nombre infini, fluides ou solides, pesants ou très légers, associés dans des combinaisons chimiques dont le premier terme est inconnu, sous des pressions considérables et à d'énormes températures. Les pressions dépassent nos moyens ; les températures ne nous appartiennent que dans une limite insuffisante. Cependant, malgré l'absence de données originelles, des théories se sont constituées pour imposer l'exactitude, que l'on sait pourtant être très relative, d'une science qui tire son origine de l'origine des mondes.

Si, de cette science, nous détachons un fragment pour l'analyser, pour le soumettre à une critique méthodique et raisonnée, nous rencontrerons à chaque pas une nébuleuse de points d'interrogation devant lesquels la science, sinon les savants, reste muette.

Dans l'impossibilité où nous sommes, encore actuellement, de démontrer comment sont nés les mondes, nous devons, soit nous en rapporter à la théorie biblique, soit admettre le *chaos primitif*, deux mots vides de sens puisqu'il nous est aussi impossible de concevoir l'idée qu'ils représentent, qu'il nous est défendu d'aborder le problème de l'infini. Tout ce que l'on peut faire pour étayer des théories ayant quelque apparence de tenue, c'est de s'inspirer des phénomènes interplanétaires en supposant que ce qu'il nous est possible d'en connaître répond à un à peu près que notre pauvre petite cervelle admettra sans difficulté et d'en tirer des conclusions à peu près présentables.

Mais il est bon d'observer que si les méthodes expérimentales ont fait faire un pas énorme à l'astronomie, si les méthodes d'investigation, en particulier la spectroscopie, ont été d'un puissant secours en cosmogonie, elles s'appliquent seulement à des cas particuliers. Sans aucun doute, en les multipliant on accumulera des matériaux de plus en plus nombreux, matériaux de grande valeur, soit dit en passant, qui finiront par constituer une base suffisamment solide pour porter l'édifice, un crible qui séparera le vrai du faux et fera justice de tout ce qui n'est pas la vérité.



LE BASSIN EXPÉRIMENTAL DE M. BELOT (COUPE)

A D, *enveloppe de tôle ;* B, *eau ;* C, *sable ;* F, *ardoise ;* V, *volcan;* E, *flamme de gaz réglée par le robinet* R. *La chaleur de la flamme* E *porte à l'ébullition l'eau contenue dans le sable seulement au contact du fond* D. *La vapeur s'échappe sous le continent supposé en formant un cratère, tandis que l'eau* B *reste froide.*

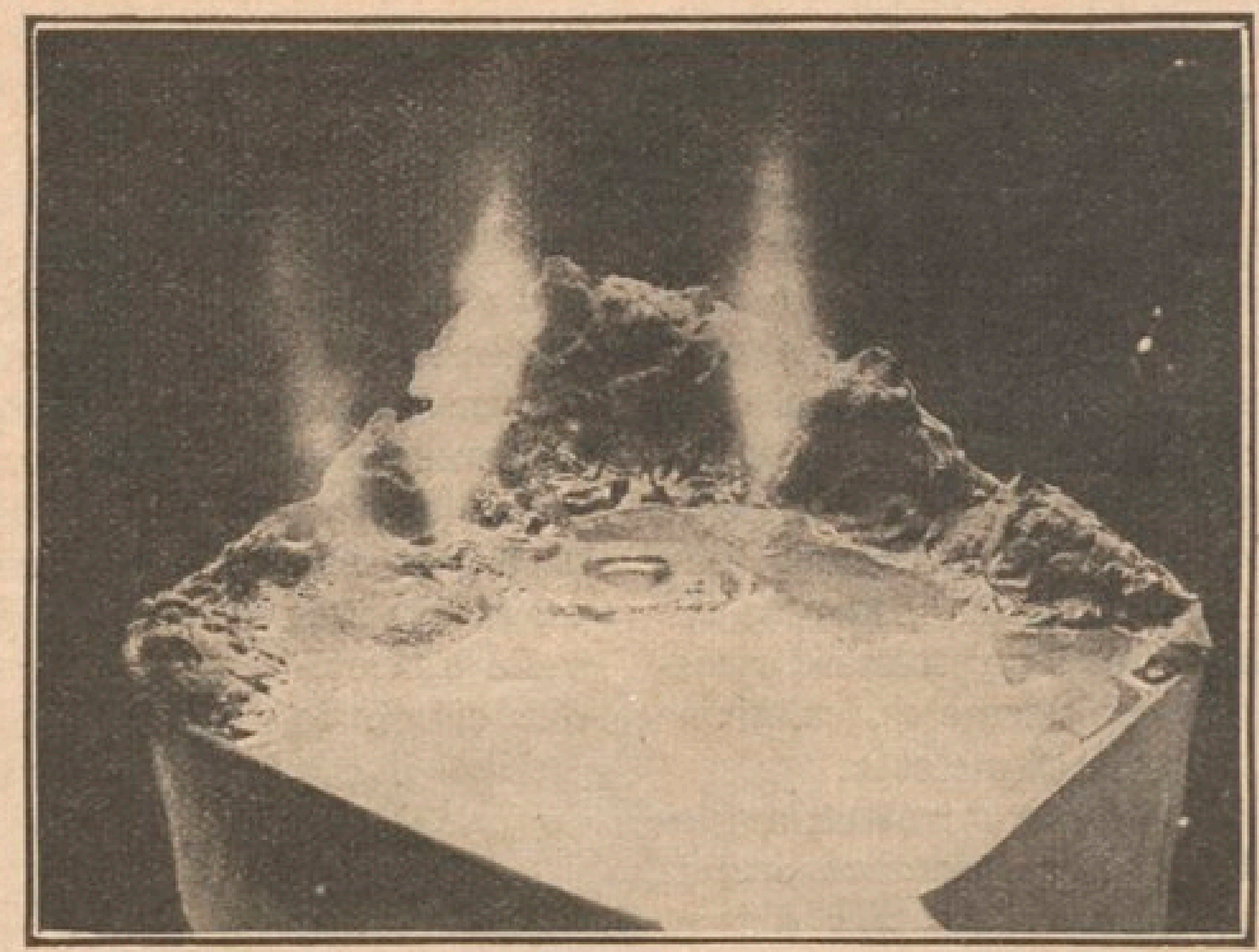
De l'infini, qui nous emporte hors des limites de nos moyens expérimentaux, descendons sur notre globe. Quel savant est parvenu à constituer un grain de sable ? Moissan a pu réaliser de minuscules diamants, mais il se trouve que la théorie de la pression sur laquelle il avait cru pouvoir échafauder la

réussite de ses expériences est déjà combattue. Alors ? L'expérience même peut être l'origine de théories fausses, absurdes. Avonsnous donc oublié les cellules vitales du professeur X., qui faillirent rendre ridicule l'Institut lui-même?

Cependant, toute expérience visant uniquement à la démonstration d'un phénomène naturel doit être prise en considération, Soumise à la critique, elle peut résister et opposer une preuve à une hypothèse. Des expériences seules nous viendront la lumière et tous les efforts de nos savants doivent être dirigés dans cette voie. Mais qu'ils se gardent autant des conclusions hâtives que des erreurs de départ, erreurs que les matériaux d'études introduisent subrepticement dans les préparatifs euxmêmes. Car la matière se défend.

Le volcanisme est l'un des phénomènes géologiques les plus étudiés et chaque géologue, pourrait-on dire, possède, au fond de lui-même, une théorie qui lui est propre. Cependant un fait paraît désormais acquis : l'existence du feu central, admise par presque tout le monde.

Nous constatons d'ores et déjà que ce premier point de départ demeure sujet à des controverses ; nous les négligerons parce que, en somme, la théorie du feu central peut être soutenue avec beaucoup d'apparence de réalité. Partant de ce principe, on a admis également que la croûte terrestre, plus ou moins fissurée, laissait pénétrer l'eau de mer, le long des rivages, en particulier, jusqu'à une profondeur suffisante pour permettre à cette eau de se vaporiser sous des pressions considérables, dans d'immenses chaudières naturelles, et, à un moment donné, de se livrer un passage à travers l'écorce terrestre en produisant au besoin un tremblement de terre pour la déchirer.



BASSIN DE VOLCANISME EXPÉRIMENTAL DE M. E. BELOT EN PLEIN FONCTIONNEMENT

Au milieu, en avant, cratère-lac d'une expérience précédente ; à droite, volcan dont l'éruption commence ; à gauche, au fond, volcan ayant déjà creusé son cratère et couvert ses pentes de bombes ; à gauche, en avant, éruption presque terminée montrant le cratère et l'orifice de la cheminée volcanique.

Dans les volcans en activité, la cheminée de dégagement n'est jamais complètement fermée et la pression intérieure a vite fait de retrouver le chemin de moindre résistance momentanément obstrué. De là des périodes de calme succédant à des périodes d'activité dont la cause fait souvent l'objet de luttes fratricides dans le corps des géologues.

D'abord, tous les volcans ne se trouvent pas au bord de la mer. En Amérique, en effet, certains sont éloignés de 150 à 200 kilomètres des rivages. On en trouve au centre même du continent asiatique. Mais on doit admettre que les fissures de l'écorce terrestre ne se limitent pas fatalement à quelques kilomètres dans le sens vertical. Ce sont des cassures obliques plus ou moins profondes, plus ou moins régulières appartenant à des couches géologiques différentes, produites à différentes époques de la forma-

CRATÈRE A PITON CENTRAL RESSEMBLANT A CEUX DE LA LUNE ET PRODUIT PAR LE VOLCANISME EXPÉRIMENTAL

tion de la terre ; la base de l'une peut être éloignée de 100 kilomètres de l'origine d'une autre et toutes deux serviront de canalisation à l'eau de mer si elles intéressent une couche perméable qui conduira cette eau de la fissure superficielle à la fissure profonde. On sait, en effet, que les terrains perméables peuvent, comme le phénomène se passe sous nos pieds dans le bassin de la Seine, servir de cheminée sur des centaines de kilomètres, à l'écoulement des eaux de surface, qui deviennent des eaux artésiennes.

PAYSAGE VOLCANIQUE EXPÉRIMENTAL MONTRANT LES FISSURES RADIALES ET LONGITUDINALES ENTRE DEUX CRATÈRES VOISINS

En fait, d'après Fuchs, sur 325 volcans actifs depuis trois siècles, on en trouve 194 dans des îles, 124 en bordure des océans et 5 seulement au centre de l'Asie. Sur 139 éruptions constatées depuis 1750, 98 ont eu lieu dans des îles et 41 dans le voisinage de la mer.

On a dit encore que l'eau ayant trouvé au fond de la mer un chemin pour atteindre le feu central, la vapeur dégagée, au lieu de produire, pour s'échapper sur les continents voisins, les bouleversements formidables que l'on connaît, trouverait dans les fissures elles-mêmes des cheminées de sortie naturelles dans la mer : tous les volcans devraient donc être sous-marins.

VOLCAN EXPÉRIMENTAL DONT LA CHEMINÉE CENTRALE EST BIEN VISIBLE

L'éruption s'est arrêtée d'elle-même et elle s'est terminée par la production d'un lac cratérique dont les sédiments ont formé un liseré circulaire que l'on voit à droite.

Ce raisonnement est faux, car la vapeur empruntant cette voie se trouverait en contact avec des surfaces refroidissantes qui la condenseraient aussitôt. En réalité, il s'établit dans la chaudière souterraine, comme dans les chaudières industrielles, une circulation d'eau et une circulation de vapeur indépendantes, cette dernière suivant toujours les *surfaces isothermes*. Cela se conçoit aisément. Si la vapeur, ayant trouvé un passage de sortie, s'y condense, ce passage ne livrera jamais que de l'eau et la vapeur devra chercher une issue dans laquelle la condensation sera impossible, une issue ayant sur toute sa longueur une température supérieure à celle qui change la vapeur en eau.

La théorie des surfaces isothermes va précisément le démontrer. On sait que ces surfaces suivent toujours le même profil que celles du sol. Si on creuse un trou de 100 mètres de profondeur dans une montagne et un autre aussi profond au bord de la mer, on trouve, au fond des deux puits, un égal degré de température. Par conséquent, les surfaces isothermes vont en s'élevant de la mer vers les continents et les vapeurs engendrées sous le sol des mers suivent le chemin oblique naturel qui s'offre à elles pour s'échapper.

M. Emile Belot, ingénieur en chef des manufactures de l'Etat, qui a résumé ses recherches dans son beau livre sur l'*Origine des formes de la Terre*, a mis cette théorie en évidence par la méthode expérimentale, ce qui n'avait jamais été tenté avant lui. Voici comment il a procédé (Figure page 41) :

Dans un bassin métallique rectangulaire *A*,

dont le fond *D* est en pente, il a étendu une certaine quantité de sable *C*, de manière que l'épaisseur fût plus grande dans la partie haute du bassin que dans la partie basse. Sur ce sable, il a versé de l'eau *B*. Cette eau submerge toute la masse de sable, sauf un monticule, qui constitue un rivage et une fraction très réduite de continent.

Sous le bassin, un bec de gaz est allumé de manière que la flamme touche le fond métallique sur une surface réduite. Quelques instants après, au bout d'une dizaine de minutes environ, les premiers phénomènes volcaniques commencent à se manifester sous la forme de fumerolles s'échappant d'une cheminée volcanique en entraînant du sable qui s'accumule autour en formant un cratère. Le volcan *V* n'est pas sous-marin car le fond *D* du bassin réalise la surface isotherme dont nous avons parlé et le volcan est toujours près du haut de pente du fond ; on produit donc expérimentalement une sorte de paradoxe scientifique en portant l'ébullition de l'eau en *V*, alors que la « mer » est complètement froide au-dessus du réchaud.

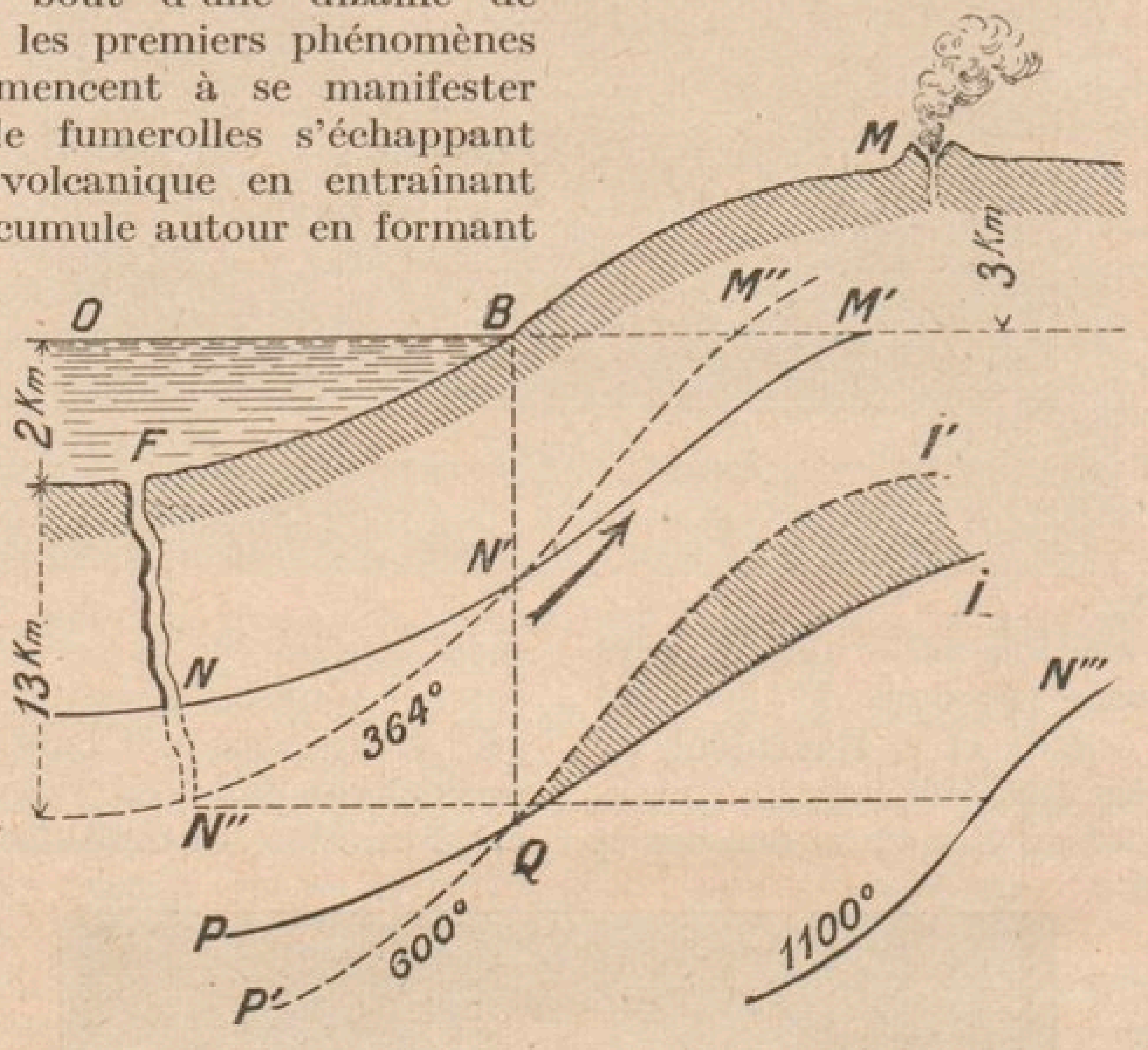


FIGURE SCHÉMATIQUE EXPLIQUANT LE RELÈVEMENT DES SURFACES ISOTHERMES SOUS LES CONTINENTS.

N M' *surface isotherme normale (364°) ;* P I, *surface isotherme dont la température est de 600 degrés. L'écoulement de l'eau par la fissure* F N *abaisse la surface isotherme (364°) en* N'' *; l'échappement des vapeurs relève la surface isotherme, sous le continent, de* M' *en* M''. *Les autres températures s'abaissent et se relèvent dans les mêmes conditions.* P *descend en* P', I *monte en* I'. *La surface isotherme de 1100 degrés est celle de fusion des roches profondes que la vapeur d'eau, issue de la chaudière centrale, entraîne au dehors par le cratère.* O B, *niveau de la mer ;* M, *cratère.*

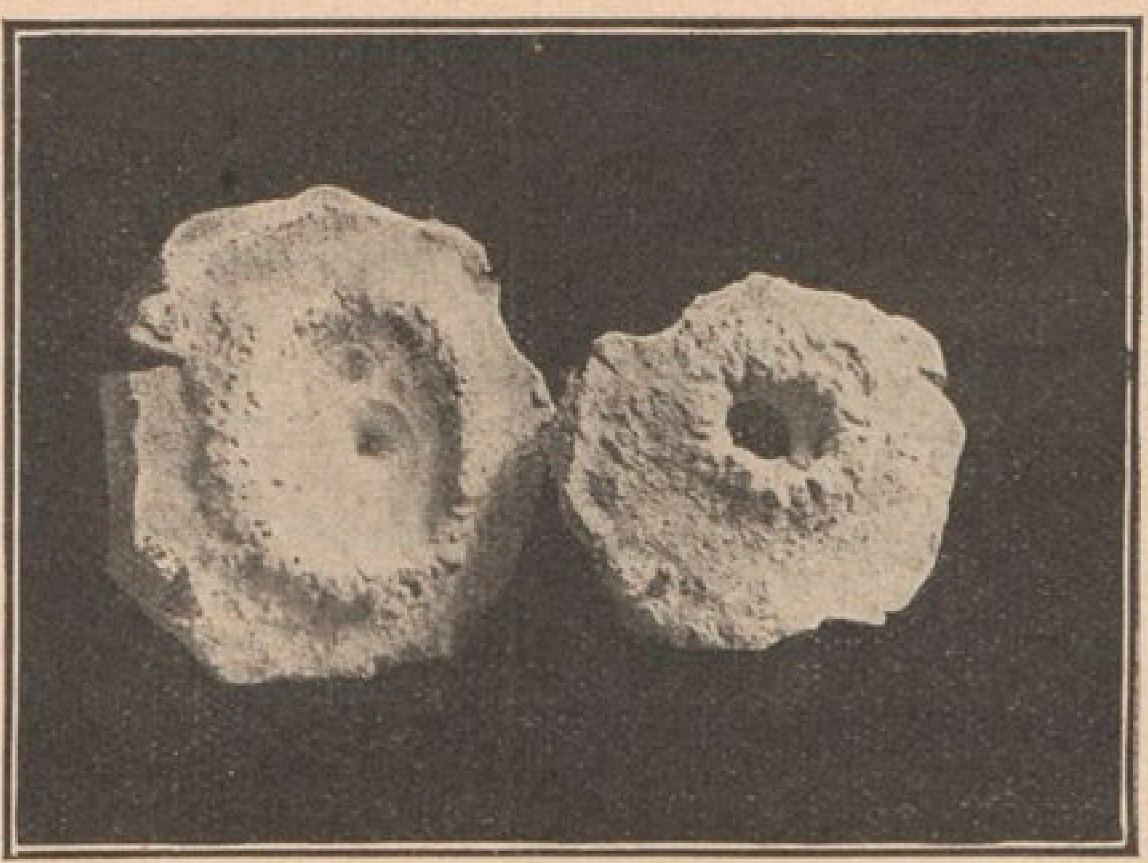
Le sable du bassin est très perméable ; or, dans la nature, il arrive le plus souvent que des couches imperméables alternent avec des couches perméables. Dans le dispositif que nous venons de décrire, on peut introduire une couche imperméable sous la forme d'une ardoise *F*, parallèle au fond *D*. Plusieurs volcans prennent alors naissance sur le rivage; ils s'alignent d'après le contour du bord supérieur de l'ardoise et celle-ci peut les conduire très loin du réchaud. Ainsi s'expliquent les alignements de volcans naturels et pourquoi ils peuvent s'éloigner même fortement des rivages.

En changeant la disposition primitive, on obtient, d'ailleurs, des effets variés qui rappellent les multiples phénomènes précédant les éruptions volcaniques ou se produisant lorsque l'activité extérieure s'est éteinte. Si, par exemple, on déplace l'ardoise de manière que son bord supérieur touche le fond *D*, la vapeur, ne trouvant plus d'issue de ce côté, refoule l'eau jusqu'à ce qu'elle puisse s'échapper par le bas. On voit alors monter lentement le plan d'eau dans le bassin et on assiste ensuite à une baisse très brusque qui se produit par la condensation de la vapeur au moment où elle tend à s'échapper. On reproduit ainsi fidèlement le *raz de marée*, caractérisé par le retrait de la mer suivi d'une ou plusieurs vagues énormes, semblables à celles qui détruisirent une partie de Lisbonne en l'année 1755.

Si, après avoir maintenu en activité le volcan miniature jusqu'à ce que le cratère se soit nettement dessiné, on arrête le chauffage, le premier effet est de transformer le cratère éteint en *cratère-lac*, reproduction encore exacte de ce que nous offre la nature à la suite des anciennes éruptions.

Il existe également des volcans sous-marins. Notre modeste bassin va-t-il se prêter encore à cette nouvelle fantaisie ? Très docilement. Il suffira de niveler le continent miniature à quelques centimètres au-dessous du plan d'eau et de chauffer. Le cratère se formera sous l'eau et bientôt apparaîtra la crête circulaire d'une île sous-marine analogue à l'île Saint-Paul ou à Santorin. D'abord plein d'eau, le lac cratérique perdra, par ébullition et par projection, assez d'eau pour que nous constations une baisse de niveau

au-dessous de celui de la nappe du bassin. Puis, à un moment donné, la pression extérieure brise l'enceinte volcanique. Le cratère se reforme à nouveau et le même phénomène peut se reproduire plusieurs fois de suite. Arrêtons le chauffage au moment où le lac cratérique est encore isolé de la « mer » : la condensation interne des vapeurs produit l'aspiration, par la cheminée volcanique, de toute l'eau du cratère dont le fond reste complètement à sec à quelques centimètres au-dessous du niveau extérieur.



DEUX CRATÈRES EXPÉRIMENTAUX

A gauche: cratère sous-marin dont la crête, couverte de bombes, a émergé progressivement de la « mer » ; à droite : cratère continental très profond où les bombes volcaniques sont également très visibles.

Que manque-t-il donc à ces expériences pour être l'image absolument fidèle du phénomène volcanique ? De l'eau salée et une température de 700 degrés. On réaliserait alors le phénomène des *paroxysmes* (arrêt et reprise de l'activité d'un cratère), dont nous expliquerons plus loin le mécanisme curieux.

Aidons-nous de ces expériences pour montrer ce qui se passe dans la nature.

Si nous considérons une mer *O* (fig. à la page 44) profonde de 2.000 mètres, dont le fond *F* se prolonge par une côte *M*, la surface isotherme *N M'* sera parallèle à *F M*. L'eau pénétrant par une fissure verticale *F N* se vaporisera lorsqu'elle atteindra sa température critique qui est de 365 degrés centésimaux (la température critique de l'eau est celle qui lui permet de se transformer en vapeur quelle que soit sa pression). Mais l'eau, en descendant, refroidira les couches entre *F* et *N* ; la température critique descendra alors en *N''* et la pression exercée sur la vapeur produite augmentera d'autant.

CRATÈRE EXPÉRIMENTAL DONT LA PARTIE INFÉRIEURE A ÉTÉ ENLEVÉE POUR CONSTATER LES FORMES CAVERNEUSES DU SOUS-SOL VOLCANIQUE

Sous le continent, la couche isotherme primitive est encore modifiée, mais dans une direction opposée, puisque le passage de la vapeur aura pour effet de provoquer le réchauffement de ces couches ; la ligne de la couche isotherme primitivement considérée, se relèvera et enveloppera une masse de roches qui, soumises à une température que l'on peût évaluer à 600 degrés, dégageront à leur tour des gaz et des vapeurs. Ces derniers, entraînés par la vapeur d'eau, constitueront cette atmosphère extrêmement composée que l'on constate aux abords des volcans en éruption.

En même temps, les autres isothermes se relèvent sous le rivage, et les températures de 1.100 degrés nécessaires à la production des laves atteignent les conduits d'émission de vapeur d'eau. Il se produit alors un phénomène bien connu en physique : une émulsion de vapeurs et de laves fondues qui, en raison de la grande proportion de vapeur, possède une densité très inférieure à celle des laves solides, si bien que l'énorme pression intérieure peut remonter cette émulsion, même à plusieurs kilomètres de hauteur. Arrivés à l'orifice du cratère, les éléments lourds se séparent des éléments légers, et la lave coule en dévalant les pentes pendant que les gaz atteignent des hauteurs prodigieuses.

On pourrait objecter — et l'objection a été faite — que ces expériences et les hypo-

LE CRATÈRE LUNAIRE « PTOLÉMÉE »

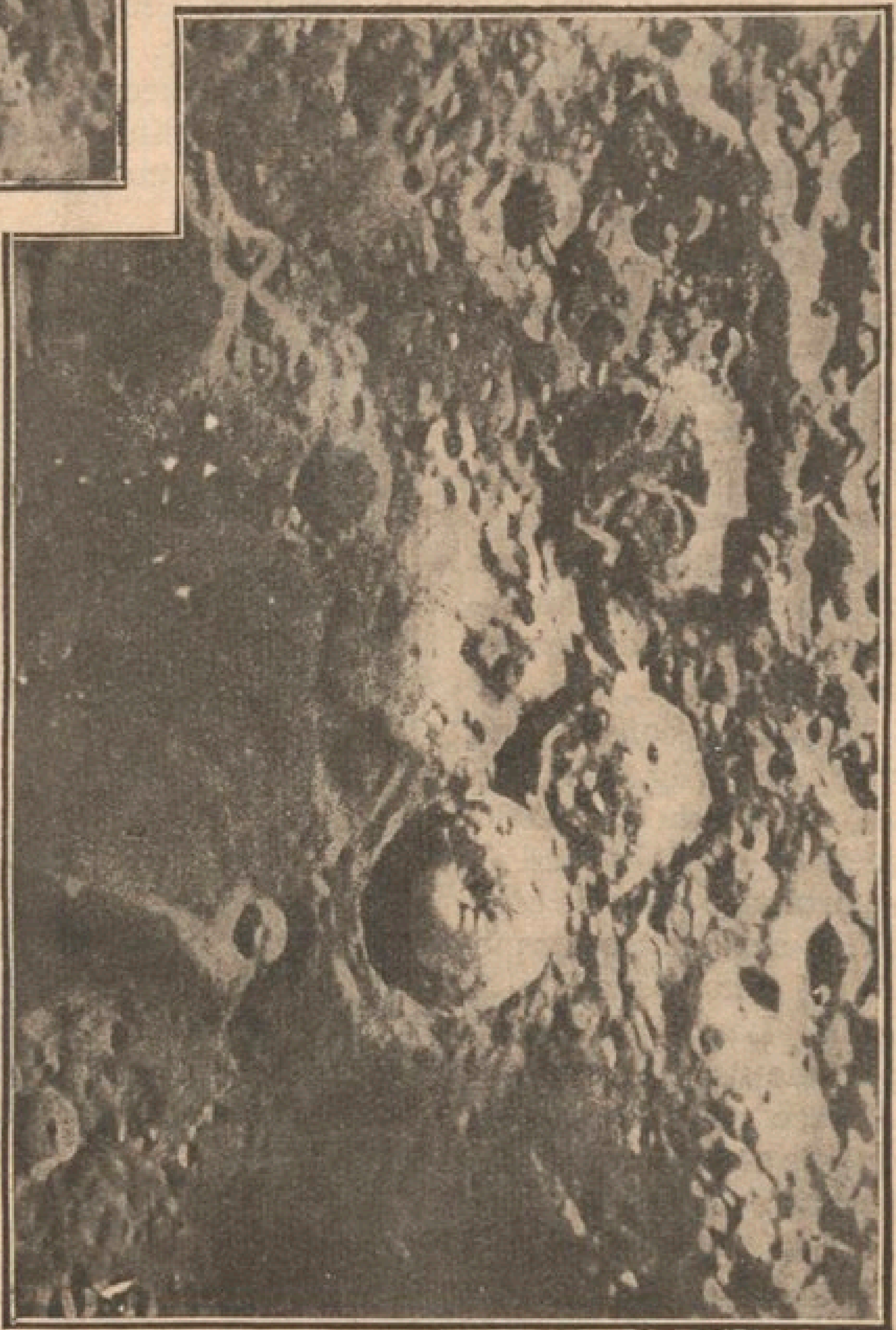
Les restes de la cheminée primitive sont encore apparents sous les sédiments. Une autre cheminée plus petite, rapprochée du bord inférieur gauche, s'est formée ensuite. Le cratère « Ptolémée » est le principal d'une importante chaîne volcanique.

thèses qui en découlent peuvent démontrer qu'un volcan devrait toujours être en activité, puisque sa source — l'océan — est un réservoir inépuisable.

L'auteur l'a réfutée avec beaucoup de simplicité. Les sels contenus dans l'eau de mer se déposent peu à peu sur les parois de la fissure par laquelle l'eau s'écoule vers la chaudière centrale, tout en refroidissant de plus en plus ces parois. Il arrive un moment où, comme dans les tubes d'une chaudière, le dépôt atteint une telle épaisseur que la canalisation est obstruée. L'eau cesse alors d'alimenter la chaudière ; il y a arrêt dans la production de la vapeur et arrêt dans l'activité du volcan. Le phénomène n'a, d'ailleurs, qu'une durée limitée car le conduit obstrué se trouve de nouveau soumis à la seule action de la chaleur souterraine ; sa température s'élève et les sels qui l'obstruent entrent en fusion, puis en vapeur montant dans la cheminée volcanique et, de nouveau, l'eau de mer retrouve son chemin vers la chaudière centrale. C'est alors que le volcan se rallume pour une période de temps plus ou moins longue : en réalité, il n'a jamais été complètement éteint.

Le simple matériel expérimental que nous avons décrit se prête avec une souplesse merveilleuse, non seulement à l'étude du phénomène volcanique, mais encore à des manifestations très variées rappelant en petit et sur un seul point les phénomènes que la nature distribue sur toute la surface du globe.

L'expérimentateur assiste à l'émission de fumerolles au sommet d'un monticule de sable sec, à la formation de cratères qui s'élargissent et s'approfondissent en lançant des bombes volcaniques à plusieurs décimètres de hauteur, à l'émission de coulées boueuses ressemblant tout à fait à des coulées



« THÉOPHILE », AUTRE CRATÈRE LUNAIRE

Il a cent kilomètres de diamètre. Il est particulièrement caractéristique avec son piton central et les restes de sa cheminée volcanique.

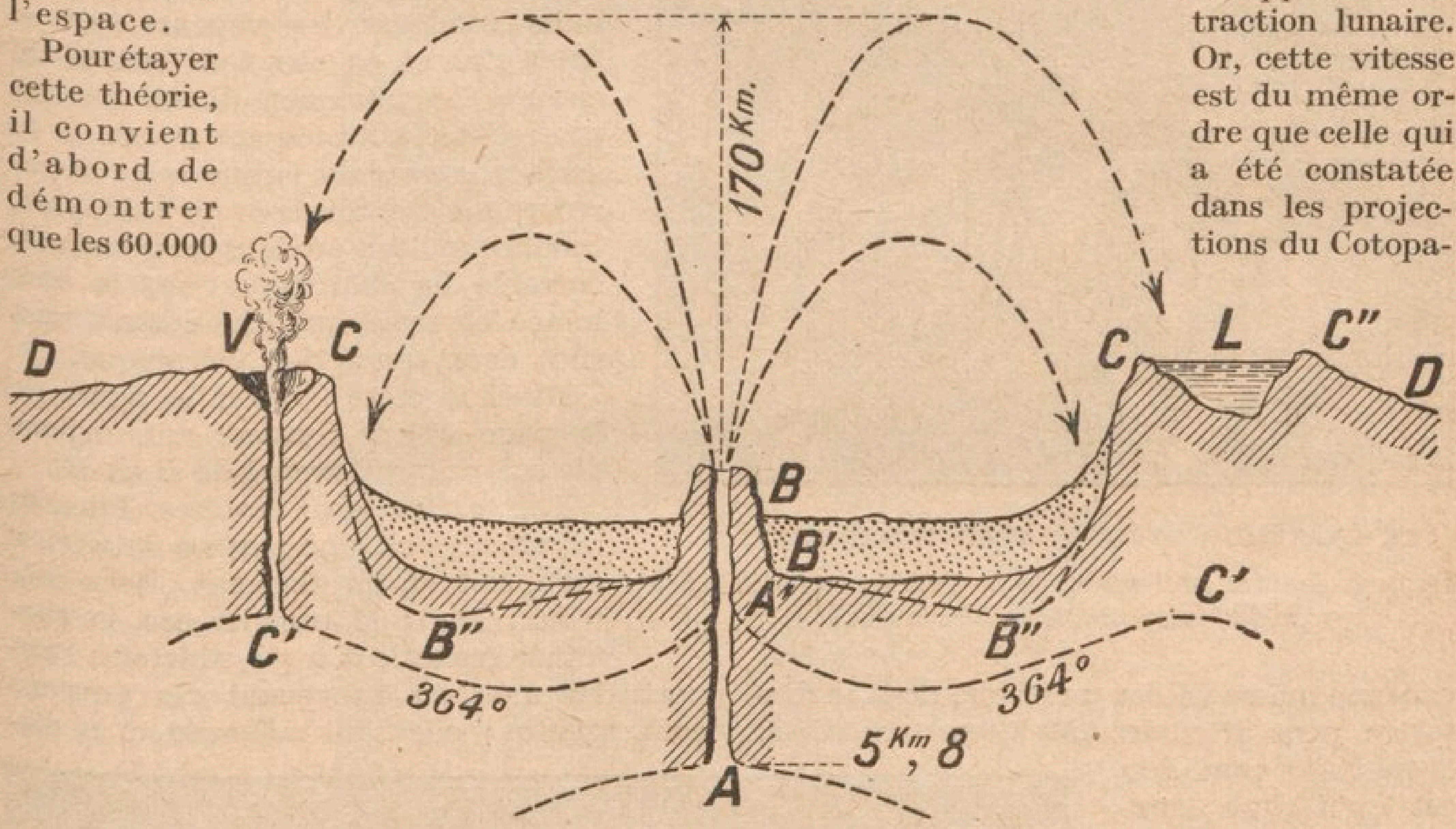
de laves, à l'assèchement final des cratères. Quelquefois, le plan d'eau se relève dans la partie côtière et un cratère sec d'une expérience précédente se transforme en cratère-lac dès que l'on recommence à chauffer.

Si un aussi petit volcan que celui qui nous occupe peut lancer à plusieurs décimètres de hauteur des bombes se déversant autour d'un cratère de cinq à six centimètres de diamètre, il devient possible d'admettre, avec Laplace, que les aérolithes peuvent provenir de masses projetées par les volcans lunaires au lieu d'être, comme on le professe actuellement, des petits fragments de planètes semés dans l'espace.

Pour étayer cette théorie, il convient d'abord de démontrer que les 60.000 cirques lunaires sont d'origine volcanique. Nous n'avons jamais assisté, sur notre globe, à la formation de cratères ayant un développement aussi important que ceux de la Lune ; mais, avant de baser une affirmation sur cette absence de similitude, il y a lieu de tenir compte de deux éléments essentiels très différents selon qu'ils appartiennent à la Terre ou à son satellite : la pesanteur et la densité de l'atmosphère. Or, sur la lune, la pesanteur n'est égale qu'aux 164 millièmes de ce qu'elle est sur la Terre. Une masse géologique d'un kilogramme, prise sur notre globe et transportée sur la Lune, ne pèserait plus que 164 grammes. D'autre part, l'atmosphère y est extrêmement raréfiée et il n'est pas excessif d'admettre que la vitesse de projection des bombes volcaniques fut autrefois suffisamment grande pour que, la faible pesanteur et la non moins faible résistance de l'air aidant, elles aient été transportées avec une grande facilité à 100 ou 200 kilomètres de leur point d'émission.

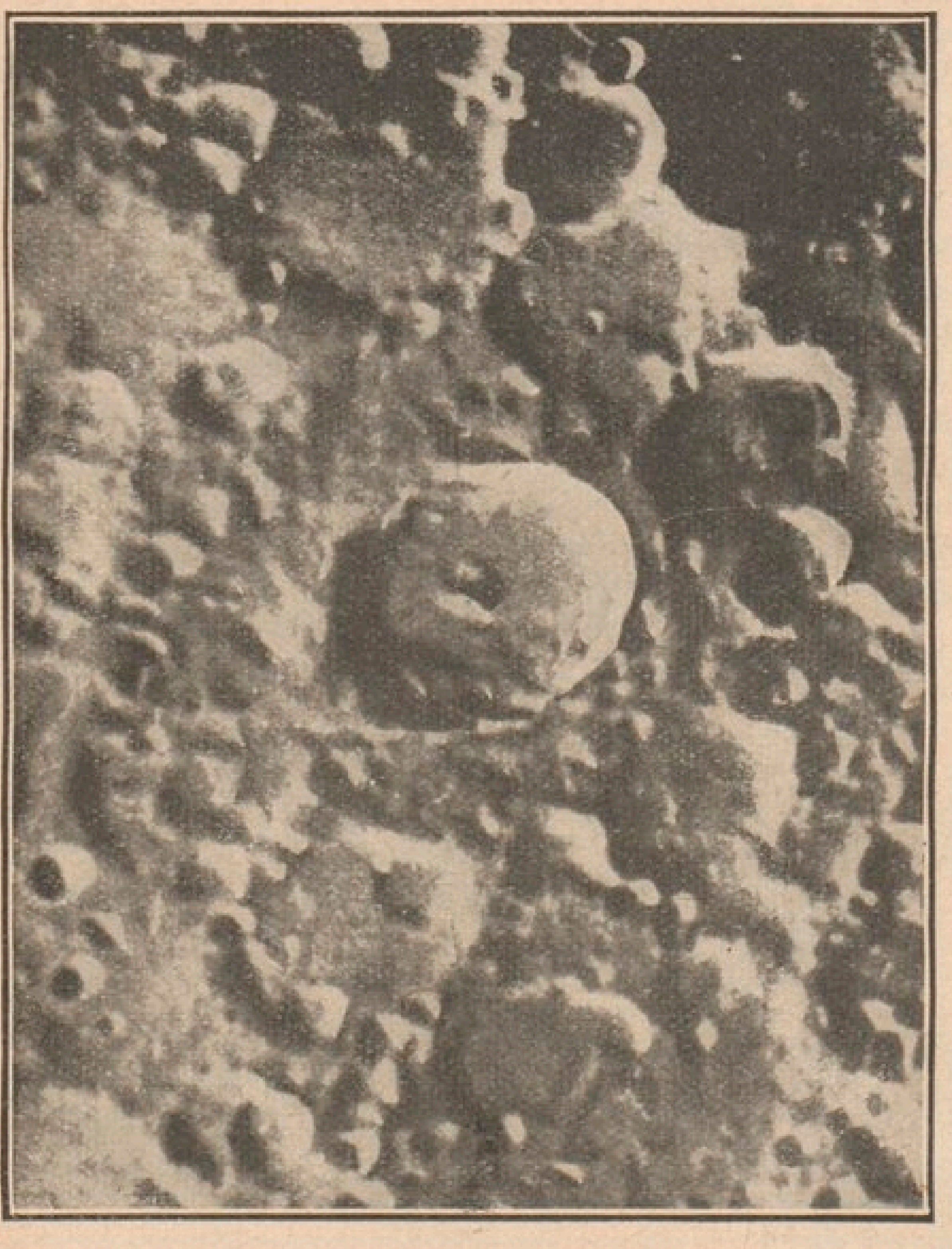
M. Emile Belot va plus loin. D'après les données actuelles, il suffirait qu'un projectile fût lancé, du sol de la Lune, à une vitesse de 2 km. 360 par seconde pour qu'il échappât à l'attraction lunaire. Or, cette vitesse est du même ordre que celle qui a été constatée dans les projections du Cotopari. De là à conclure que les aérolithes sont des bombes volcaniques, il n'y avait qu'un pas, lequel a été franchi très aisément, en tenant compte de ce fait qu'il existe dans le système solaire bien d'autres satellites aussi gros que la Terre et parfaitement capables de lancer leurs messages géologiques même dans l'espace qui nous sépare des étoiles.

Dans une note à l'Académie des Sciences, l'auteur de ces remarquables expériences définit d'une manière particulièrement précise les conditions nécessaires à la production des cirques lunaires. Pour que le vol-



DESSIN SCHÉMATIQUE EXPLIQUANT L'ÉDIFICATION D'UN CRATÈRE LUNAIRE

B, *niveau primitif avant l'éruption : l'eau, en retombant dans le cratère, érode toute l'épaisseur* B B' *de matériaux que le volcan projette en bombes pour constituer la crête* C, *tandis que la cheminée reste en saillie de hauteur* BB'. — B'' B' B'', *surface isotherme supérieure ;* C' A' C', *surface isotherme à 364 degrés Le relèvement de cette surface isotherme a provoqué, sur les bords du cirque, la naissance de petits volcans (V, en activité ; L, cratère-lac). La chaudière centrale, a 5 km. 800 de profondeur ; elle fournit une pression suffisante pour projeter des quantités de roches à 10 kilomètres de hauteur sur une surface circulaire de 150 à 200 kilomètres de diamètre.*



LE CRATÈRE « TYCHO », AVEC PITON CENTRAL

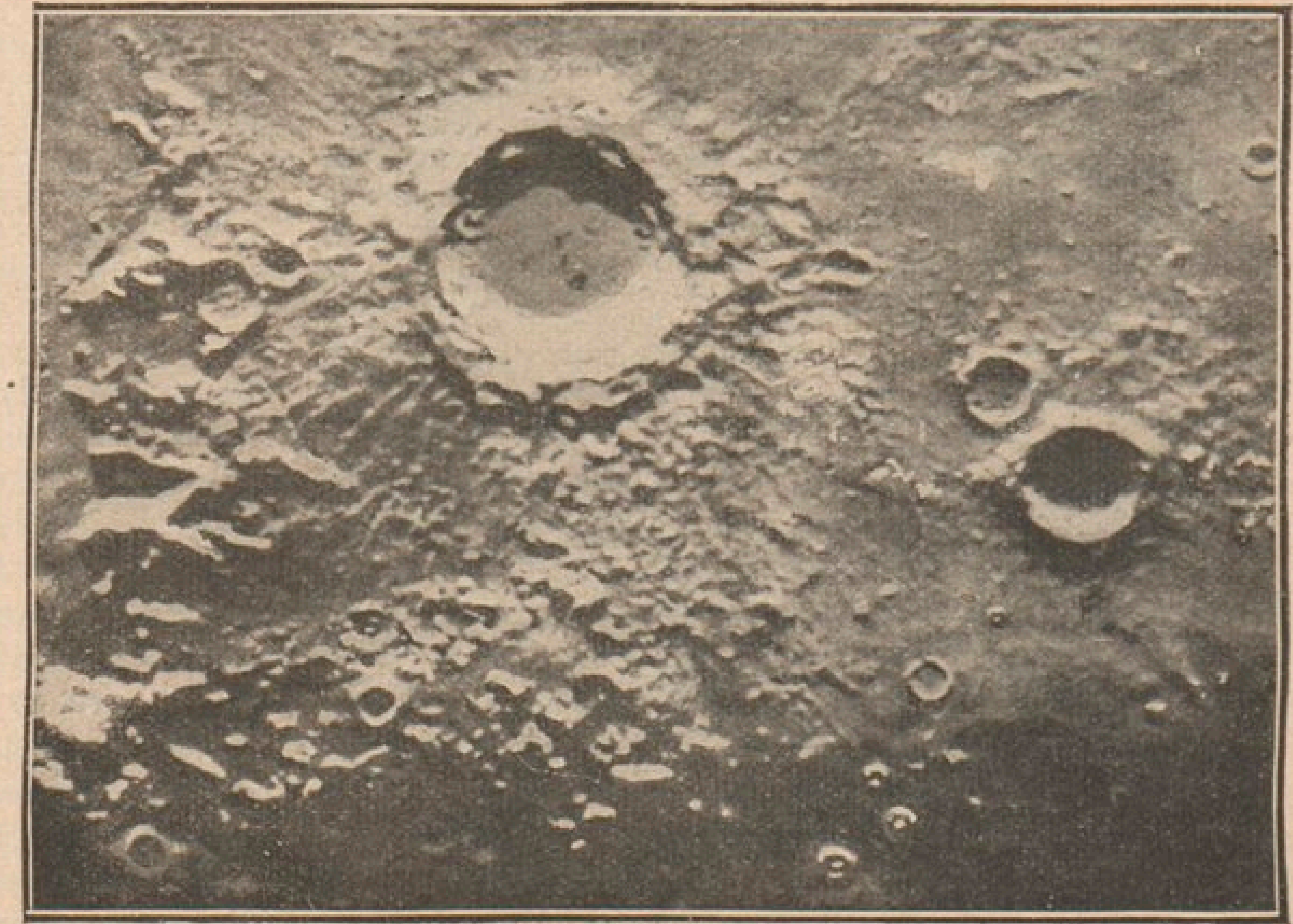
Paysage lunaire présentant des cratères de petites dimensions entourant le cratère central.

canisme puisse édifier un cirque dont le diamètre peut atteindre 150 kilomètres, dit-il, la première condition est qu'il dure longtemps au même point. Sur la Lune, la profondeur à laquelle on trouve la pression critique (1) de l'eau (194 atmosphères), est de 5 km. 800, tandis que sur la Terre, elle n'est que de 0 km. 700. Le volcanisme durera sur la Lune tant que la température critique de l'eau (365°) se maintiendra à une profondeur moindre que 5 km. 800, c'est-à-dire beaucoup plus longtemps que sur la Terre, après le début de la solidification de l'écorce. Cette profondeur et surtout la faible cohésion du sol lunaire assurent aussi aux cheminées volcaniques un diamètre beaucoup plus considérable que sur la Terre.

Alors que, sur la Terre, les masses énormes de vapeur d'eau rejetées par les volcans sont entraînées au loin par les vents sans retomber sur le cratère, sur la Lune, au contraire, l'absence de vent et d'atmosphère maintient les vapeurs au-dessus ou tout au moins dans le voisinage de leur lieu d'émission ; le froid des longues nuits condense les vapeurs qui se transforment en eau tout autour du cratère. Le pilonnage du sol par les projections volcaniques donne à la surface interne du cirque cette apparence unie que révèle la photographie, tandis que l'eau érodant cette surface, entraîne les matériaux vers la cheminée centrale qui les reprend aussitôt dans son action volcanique.

Ainsi la crête *C* (voir la figure de la page 47) se formera aux dépens du sol primitif creusé de *B* en *B'*.

Les cartes des cratères lunaires montrent, soit une surface intérieure unie, soit un ou plusieurs pitons centraux. Dans le premier cas, la cheminée centrale n'a pu résister à l'apport des matières provenant des érosions convergentes ; elle s'est affaissée et a dis-



LE CRATÈRE DE « COPERNIC », AVEC SES COULÉES EXTÉRIEURES

D'autres cratères se sont formés autour du cratère principal.

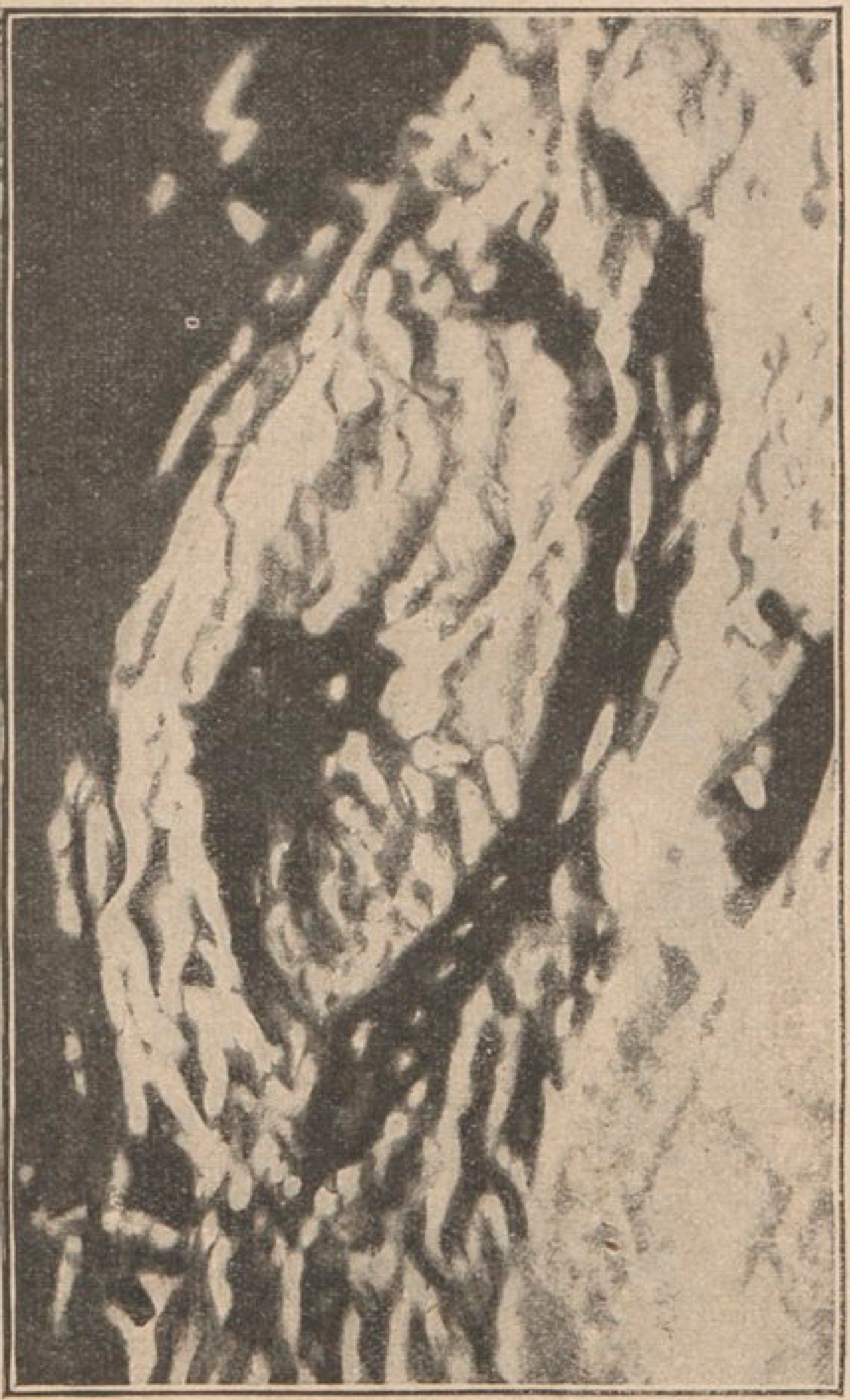
(1) C'est la pression minimum nécessaire pour maintenir à l'état liquide de l'eau à 365 degrés.

paru sous l'épaisseur des sédiments. Dans le second cas, elle a résisté en raison de sa nature géologique et reste éternellement apparente depuis que l'eau a été complètement absorbée par le sol lunaire.

On constate également la présence de cratères secondaires autour du cratère principal. Il est simple de concevoir que la température critique de 364°, qui s'est élevée vers le centre du grand cratère de *A* en *A'*, a dû également se relever vers les bords pour satisfaire à la loi des surfaces isothermes et ainsi donner naissance à un cratère secondaire.

Celui-ci peut s'éteindre, se remplir d'eau pour constituer un lac comme le Titicaca, suspendu à 3.000 mètres de hauteur entre deux Cordillères. Si la crête interne vient à céder, un torrent se forme dans la direction du centre du grand cratère et creuse un sillon semblable à celui que l'on remarque dans le volcan Petavius.

Travail gigantesque, travail millénaire qui explique la profondeur considérable de ces cirques, atteignant jusqu'à 5.000 mètres, aussi bien que la teinte grise du fond constitué par des roches de grande profondeur.



AGRANDISSEMENT D'UNE PHOTOGRAPHIE LUNAIRE DU CRATÈRE « PETAVIUS »

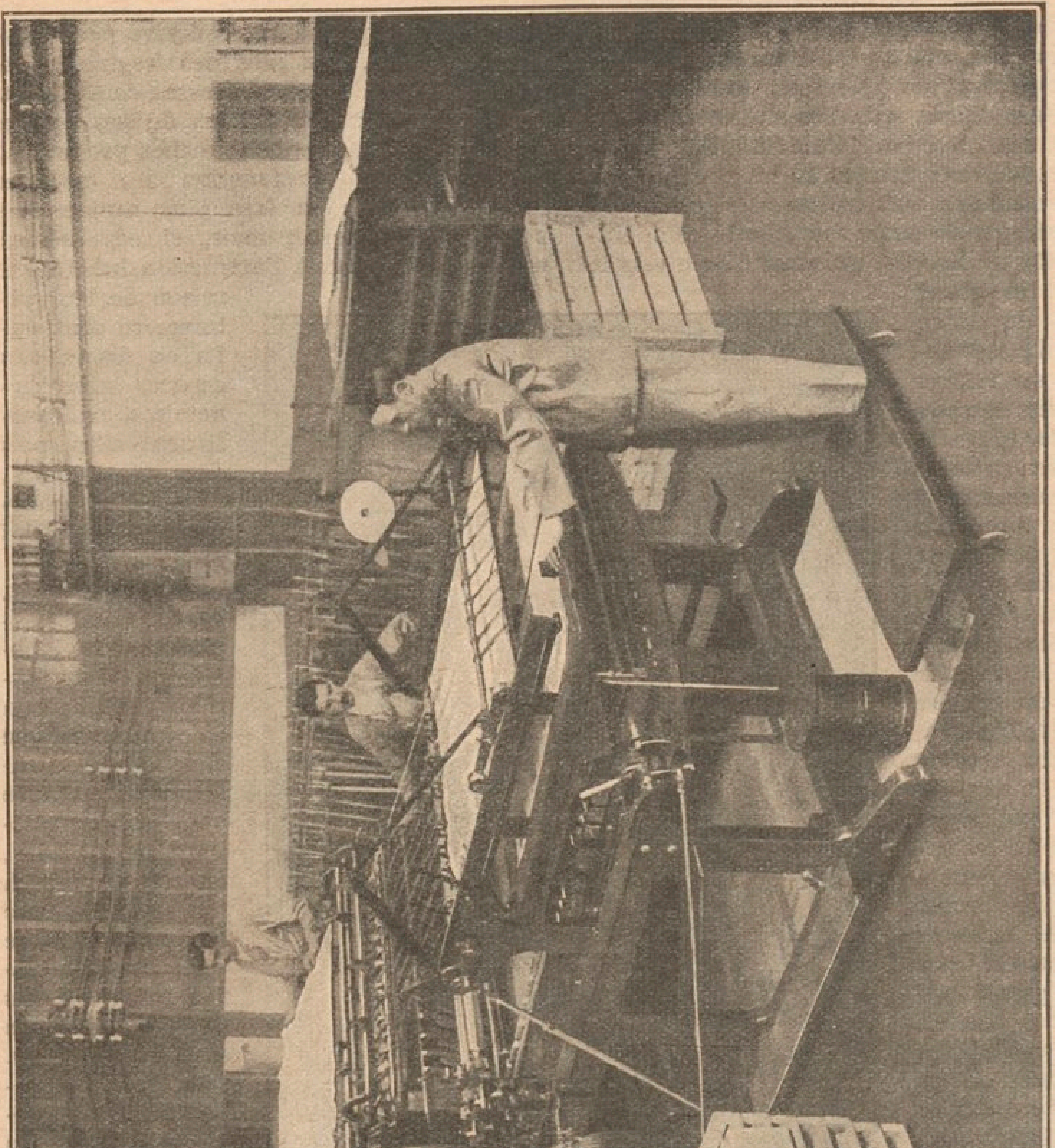
On distingue nettement la ligne d'érosion produite par la rupture du bord d'un lac compris entre les deux enceintes; les eaux de ce lac se sont précipitées vers la cheminée centrale du volcan.

Travail millénaire, disons-nous ? Le qualificatif est peut-être exagéré. Si on admet, en effet, que la pression à l'intérieur d'une chaudière volcanique lunaire est la même que celle qui régit les phénomènes volcaniques terrestres, on constatera, en raison de la faible valeur de la pesanteur sur notre satellite, qu'une même puissance explosive peut projeter très loin, non plus des fragments de roches, mais d'énormes masses constituant de volumineux échantillons de son écorce et même des fragments de roches profondes. Le travail de construction des cratères lunaires a donc pu être plus rapide que nous le supposons ; mais, si ces mêmes masses, échappées à l'attraction lunaire en raison de leur vitesse, se sont enfuies dans les espaces interplanétaires, ne constituent-elles pas des aérolithes, dont beaucoup ressemblent à des roches ignées ?

Voilà comment, d'une simple expérience de laboratoire, d'un curieux petit volcan en miniature que chacun peut, d'ailleurs, construire pour sa satisfaction personnelle, on est conduit à présenter une théorie qui se tient de la formation probable des cratères lunaires et des aérolithes. Ces idées ne seront jamais admises par tous les géologues, mais il nous suffit qu'elles se présentent avec l'appui de la méthode expérimentale, au nom d'un savant désintéressé, pour nous convaincre qu'elles constituent un progrès très réel.

De tous temps, le volcanisme a été pour les savants un incomparable sujet d'études, et les problèmes qu'il comporte sont loin d'avoir été résolus, car si l'on est d'accord pour reconnaître l'existence du « feu central », les théories les plus diverses existent pour expliquer les phénomènes sismiques.

EUGÈNE RAMBERT.



L'UNE DES PRESSES TYPOGRAPHIQUES EMPLOYÉES A L'IMPRESSION TRICHROME DE LA COUVERTURE DE « LA SCIENCE ET LA VIE »

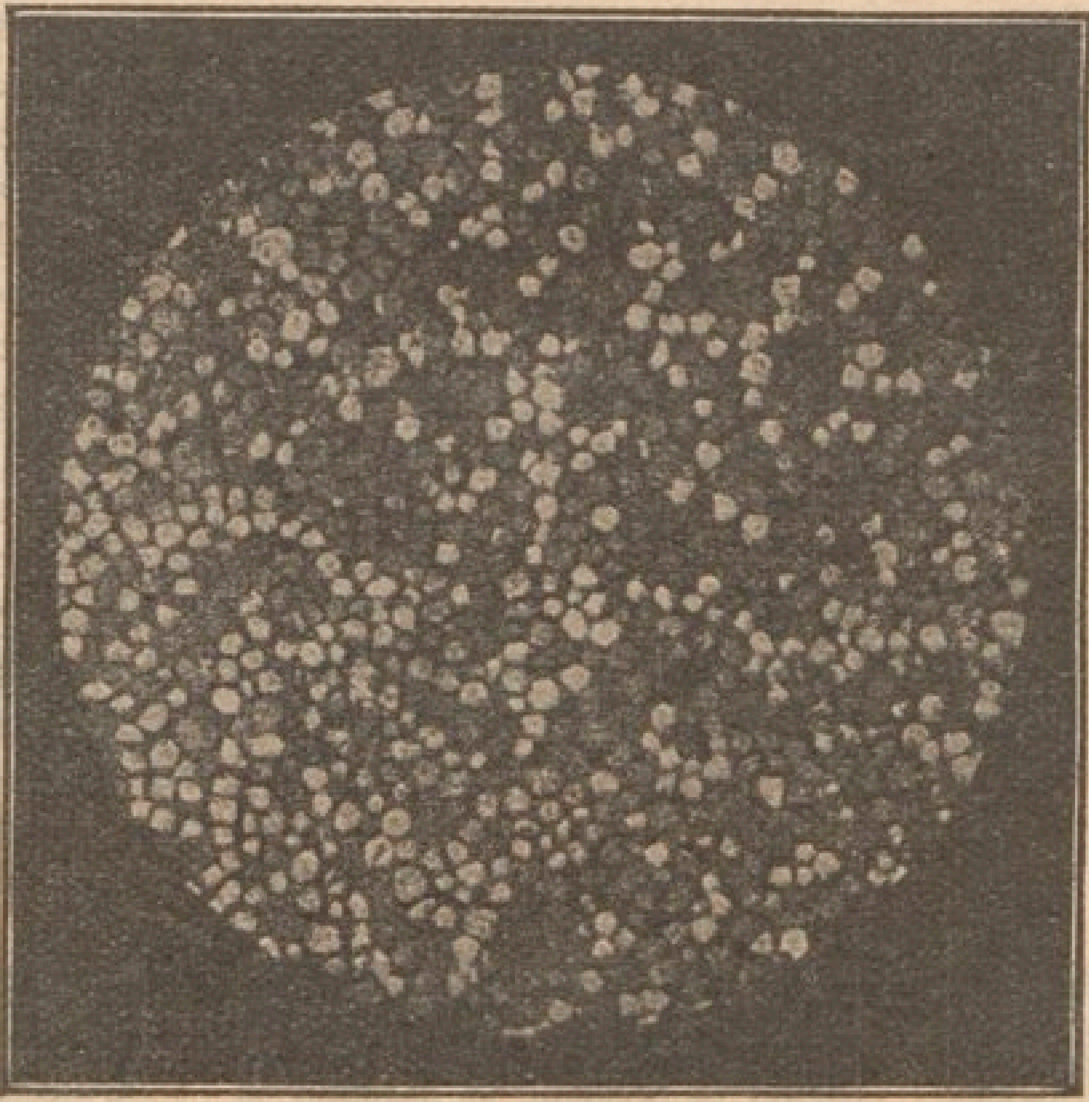
Les feuilles doivent passer trois fois dans la machine, une fois pour chaque couleur, à l'allure générale de 1.500 feuilles à l'heure.

LA PHOTOGRAPHIE TRICHROME ET SES APPLICATIONS A L'ILLUSTRATION EN COULEURS

Par L.-P. CLERC

La reproduction des couleurs par superposition de trois images, imprimées respectivement en jaune, en bleu verdâtre et en rouge carminé, d'après trois clichés photographiques du sujet à reproduire, est la conséquence d'une invention réalisée simultanément par deux Français : Charles Cros et Louis Ducos du Hauron. Le premier avait déposé à l'Académie des Sciences, en 1867, un pli cacheté qui ne fut ouvert que neuf ans après; le second, qui ignorait donc le fait, avait, en 1868, demandé un brevet d'invention décrivant son procédé, dont il présentait l'année suivante les premiers spécimens.

Cros, auteur de monologues qui firent le succès de Coquelin Cadet, et auquel est due aussi l'idée du phonographe, indiquait seulement le principe de la méthode trichrome, tandis que Ducos du Hauron en décrivait les applications sous une forme si complète, si minutieuse même, que tous les modes opératoires créés ou perfectionnés depuis lors sont prévus, explicitement ou implicitement, dans son premier brevet.



L'ÉCRAN DE LA PLAQUE AUTOCHROME

Vu au microscope ; grossissement : 100 fois environ). La mosaïque est constituée par la juxtaposition de grains de fécule, colorés respectivement en rouge orangé, vert et bleu violet.

Sans vouloir en rien diminuer le mérite de nos deux compatriotes, on doit reconnaître que l'idée était « dans l'air » ; le célèbre physicien anglais Maxwell, l'auteur des théories modernes de la lumière, avait, en 1855, suggéré une expérience qui portait en elle le germe de la trichromie, mais à laquelle personne, à l'époque, n'accorda la moindre attention ; en 1865, un peintre anglais, H. Collen, et un lithographe autrichien, Ransonnet, expérimentaient ou suggéraient l'emploi de la photographie pour réaliser automatiquement le travail d'interprétation des « chromistes » lithographes, mais ils commettaient l'un et l'autre de très grossières erreurs de principe.

On pourrait même invoquer, comme l'un des initiateurs de la trichromie, un aquafortiste français du XVIII^e siècle, Le Blon, qui avait exécuté un assez grand nombre d'estampes imprimées par l'emploi exclusif de trois planches, encrées respectivement en jaune, en bleu et en rouge, et avait ainsi prouvé qu'un sujet polychrome peut être reproduit avec toutes ses modalités de nuance et de clair obscur, par l'emploi de trois couleurs seulement. Dès le XVII^e siècle, Newton avait d'ailleurs affirmé la possibilité de reproduire approximativement toute nuance donnée par l'emploi de trois couleurs convenablement choisies, et plusieurs physiologistes ont, depuis lors, édifié sur ce fait une théorie extrêmement intéressante de la vision des couleurs.

Pontifes de la science officielle et pontifes

de la photographie s'accordèrent au mieux pour nier l'évidence et contester la possibilité d'obtention des résultats que montrait Ducos du Hauron, que l'on peut citer comme l'un des inventeurs les plus méconnus, presque comme un martyr de son invention, qui devait, par la suite, créer toute une industrie nouvelle. A la vérité, Ducos du Hauron était né trop tôt, et l'insensibilité complète des préparations photographiques aux lumières verte, jaune ou rouge, était alors un dogme trop solidement établi pour que celui qui osait prétendre exécuter des photographies au travers de verres de couleur identiques à ceux dont les photographes garnissaient les fenêtres de leurs laboratoires ne fût pas considéré comme un âne ou comme un fou.

Principe de la trichromie. — Quand la lumière blanche est décomposée, soit naturellement dans l'arc-en-ciel, soit artificiellement au moyen d'un prisme de verre, par exemple, on constate que le spectre solaire, bien que comportant un nombre infini de nuances, se répartit grossièrement en trois régions d'étendue à peu près égale, rouge, vert et bleu violacé, dans chacune desquelles la couleur ne varie qu'assez peu, les transitions étant, au contraire, très brusques quand on passe d'une région à la région voisine.

FAC-SIMILÉ D'UN FRAGMENT DE FILM CINÉMATOGRAPHIQUE TRICHROME GAUMONT

Il montre l'une sous l'autre les trois images élémentaires, à partir du haut : bleu, rouge et vert.

On constitue trois « écrans colorés », pellicules de gélatine teintées par des colorants convenables, tels que chacun d'eux ne transmette précisément que l'une des régions ci-dessus considérées du spectre solaire, soit donc des écrans rouge orangé, vert pur et bleu violacé. Au travers de l'écran rouge, par exemple, les verts et les bleus paraissent noirs ou gris très foncés, les rayons qu'ils diffusent étant absorbés par le colorant rouge, qui transmet, au contraire, sans les atténuer, les radiations rouges; de même, l'écran vert éteint les bleus violacés et les rouges, et l'écran bleu violet éteint les vermillons et les verts.

Pour nous rendre compte de l'effet de ces écrans colorés dans la sélection photographique des couleurs, envisageons que l'on ait à reproduire un sujet polychrome, essentiellement schématique, constitué par des teintes plates accolées (fig. 4). Le noir, absence de toute coloration, ne diffuse aucune lumière (nous négligeons la faible proportion de lumière réfléchie à la surface externe de la couche pigmentaire) ; le rouge violacé que, faute d'un nom mieux approprié, nous appelons « rose », renvoie à peu près intégralement les composants rouges et bleus de la lumière qui l'éclaire, mais en absorbe les rayons verts; le rouge diffuse les rayons rouges en absorbant les lumières verte et bleue ; le jaune renvoie également les composantes rouge et verte de la lumière blanche, mais en absorbe les rayons bleus ; le vert ne diffuse à peu près que de la lumière verte ; le bleu vert renvoie tous les rayons compris dans les régions bleu violacé et verte du spectre, en absorbant la lumière rouge ; enfin, le bleu violacé ne renvoie que les seuls rayons compris dans la région spectrale de même nom, tandis que le carré blanc de notre gamme de couleurs renvoie, sans exception, toutes les lumières qui lui parviennent.

Photographions trois fois cette gamme de

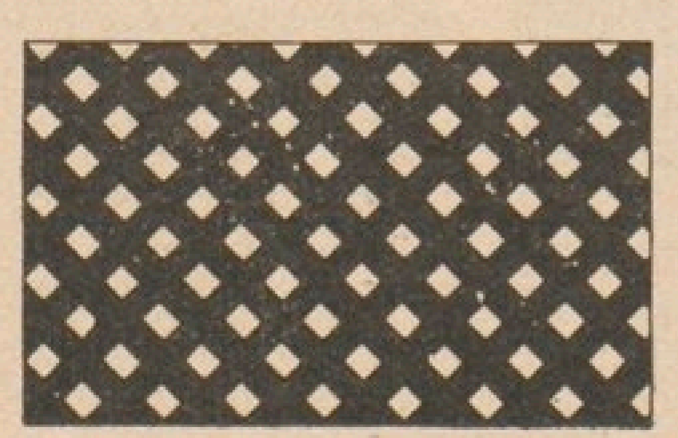


FIGURE 1

TRAME QUADRILLÉE ORDIN.

(Grossie environ 20 fois)

Elle est exclusivement utilisée pour l'image bleue.

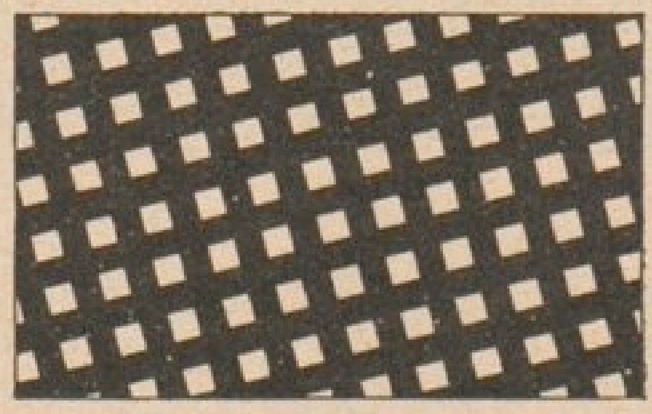


FIGURE 2

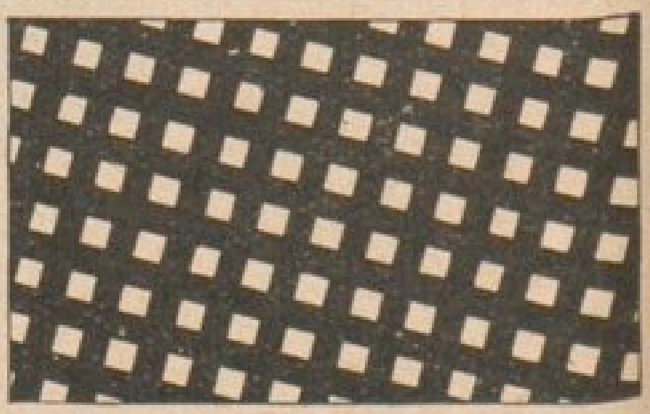


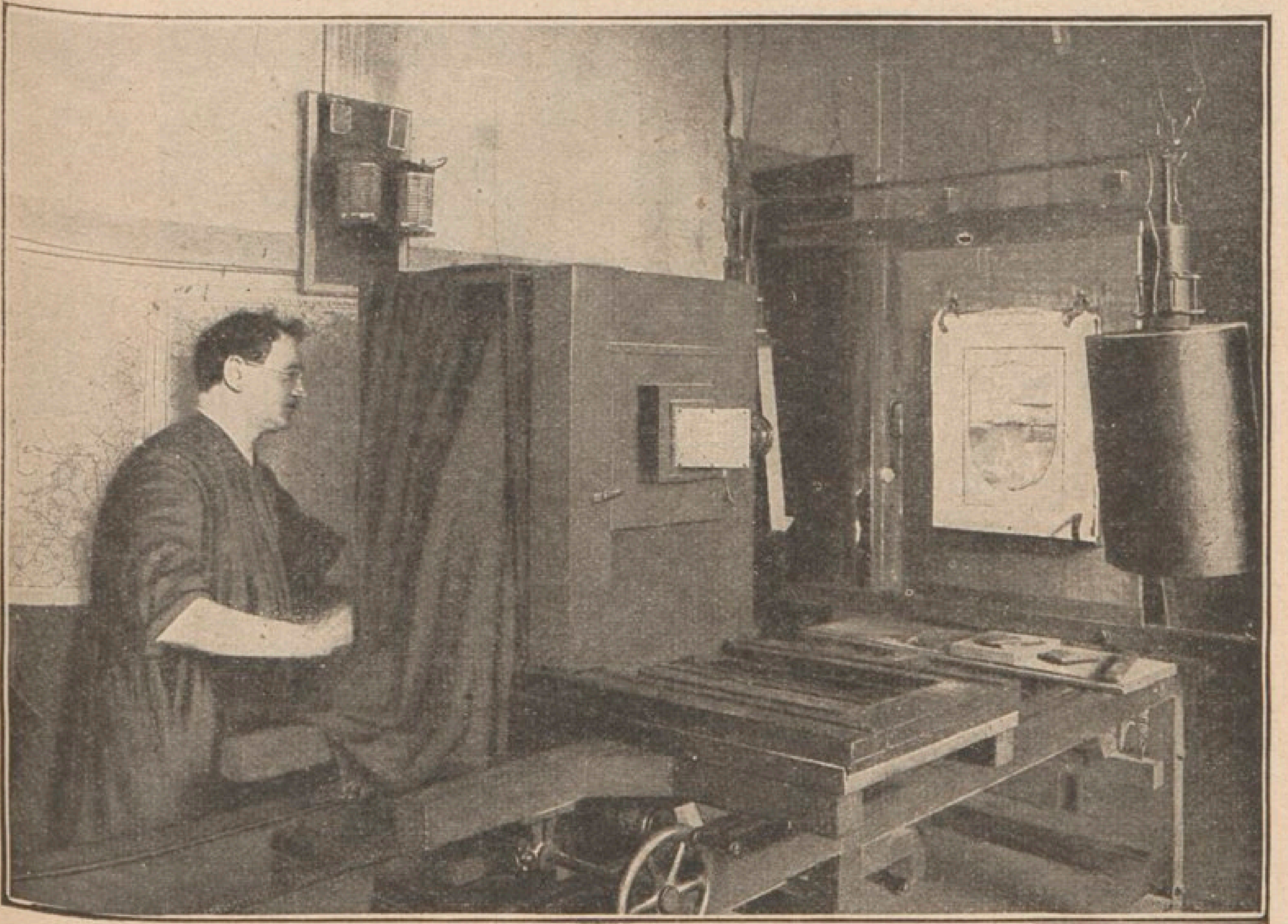
FIGURE 3

TRAME QUADRILLÉE A INCLINAISONS SPÉCIALES

Cette trame est utilisée successivement pour les images rouge et jaune. La figure 3 représente la même trame que la figure 2 après retournement face pour face.

couleurs, chacun des clichés étant exécuté au travers de l'un des trois écrans, sur une plaque sensible, non pas seulement au violet et au bleu, comme le sont les plaques photographiques d'usage courant, mais sur plaque *panchromatique* (sensible à toutes les couleurs). Chacun des « négatifs » obtenus traduit par une opacité les carrés de notre gamme de couleurs dont la couleur n'est pas resté nu dans les parties qui, lors de la copie, étaient protégées par une opacité du négatif.

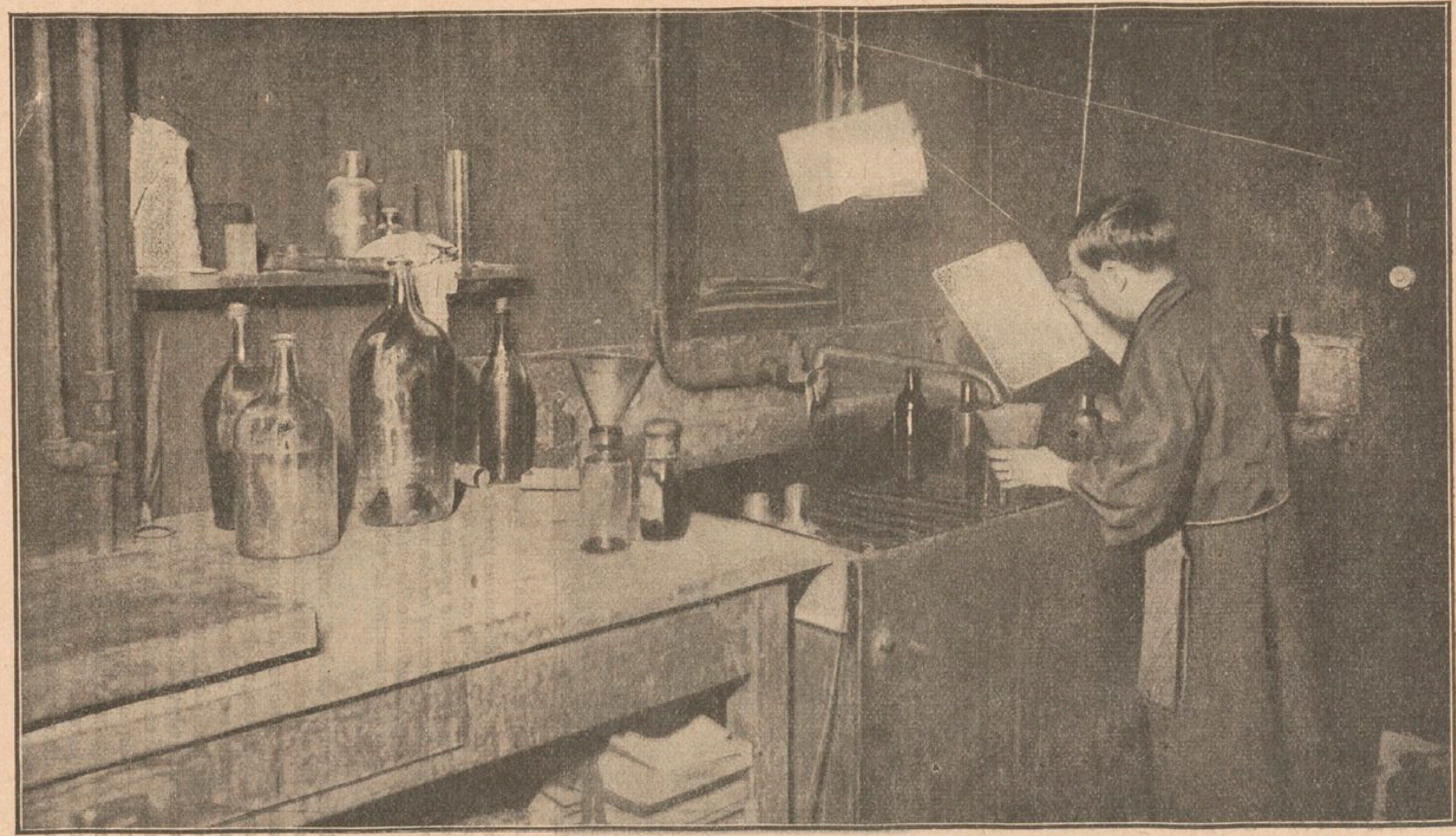
Supposons tout d'abord que les trois positifs aient été exécutés suivant la même technique adoptée pour les vues sur verre employées aux séances de projection et que trois « lanternes magiques » identiques reçoivent chacune l'une de ces vues en même temps que l'écran coloré qui a été utilisé à la



SÉLECTION TRICHROME TRAMÉE AUX ATELIERS DE « LA SCIENCE ET LA VIE »

L'appareil photographique, avec mécanisme pour le déplacement parallèle de la trame quadrillée au voisinage immédiat de la plaque sensible, est muni, derrière l'objectif, d'un prisme à réflexion totale donnant directement l'image inversée nécessaire pour la copie sur le métal à graver, et d'un adaptateur à écrans dans lequel sont glissés successivement les divers écrans colorés. Le document est éclairé par de puissantes lampes à arc. L'appareil et le porte-modèle sont portés par un même bâti rigide suspendu à des ressorts, pour amortir les vibrations des machines.

éteinte par l'écran correspondant, tandis que les couleurs complètement absorbées ne peuvent évidemment agir sur la plaque sensible, qui, après achèvement des manipulations, restera transparente aux points où elle n'a pas été éclairée. La figure 5 schématise les trois négatifs ainsi obtenus, et aussi les trois « positifs » qui en seront copiés par un procédé photographique approprié, chaque positif présentant son maximum d'intensité dans les parties qui ont été exposées sous une transparence du négatif, tandis que le support de l'image (verre, papier, etc.) est sélection de cette image ; par réglage convenable des trois lanternes, on peut amener les trois projections à se superposer sur une même toile blanche, disposition schématisée par notre figure 6, où les rayons de chacune des trois lumières considérées, rouge, verte et bleue, sont représentés par un tracé distinct. En suivant sur ce schéma la distribution des diverses lumières colorées dans l'image composite projetée sur la toile blanche, on peut constater que les diverses nuances de notre gamme de couleurs sont exactement reconstituées, chaque carré de



LES MANIPULATIONS D'UN NÉGATIF TRAMÉ DANS UN GRAND LABORATOIRE DE TRICHROMIE

Ces manipulations ne sont généralement pas faites en cuvettes, comme le sont celles pour les photographies ordinaires ; la plaque est tenue en main, et on verse successivement sur elle les ingrédients nécessaires, en limitant leur action sur certaines régions, favorisant au contraire leur action sur d'autres régions, de façon à corriger au mieux les anomalies qui résultent presque toujours de l'opération photographique.

l'image recevant précisément les mêmes lumières diversement colorées que diffusait le carré correspondant du modèle.

Au lieu de projeter les trois images en coïncidence, on peut, plus simplement, regarder simultanément ces trois images dans un « chromoscope » dont le type le plus simple est schématisé par la figure 8 : les trois positifs sur verre *P P' P''*, doublés chacun de leur écran *E E' E''*, sont vus par l'oculaire *O* après réflexion sur les miroirs semi-transparents *M M'* (verres platinés, par exemple) et sur le miroir argenté *M''*. On remarquera qu'un tel dispositif est *réversible*, et que, en plaçant en *O* un objectif photographique et en *P P' P''* des plaques photographiques sensibles, dans des châssis appropriés, on peut enregistrer simultanément les trois images sélectionnées du modèle à reproduire, l'appareil fonctionnant alors comme *chromographe*.

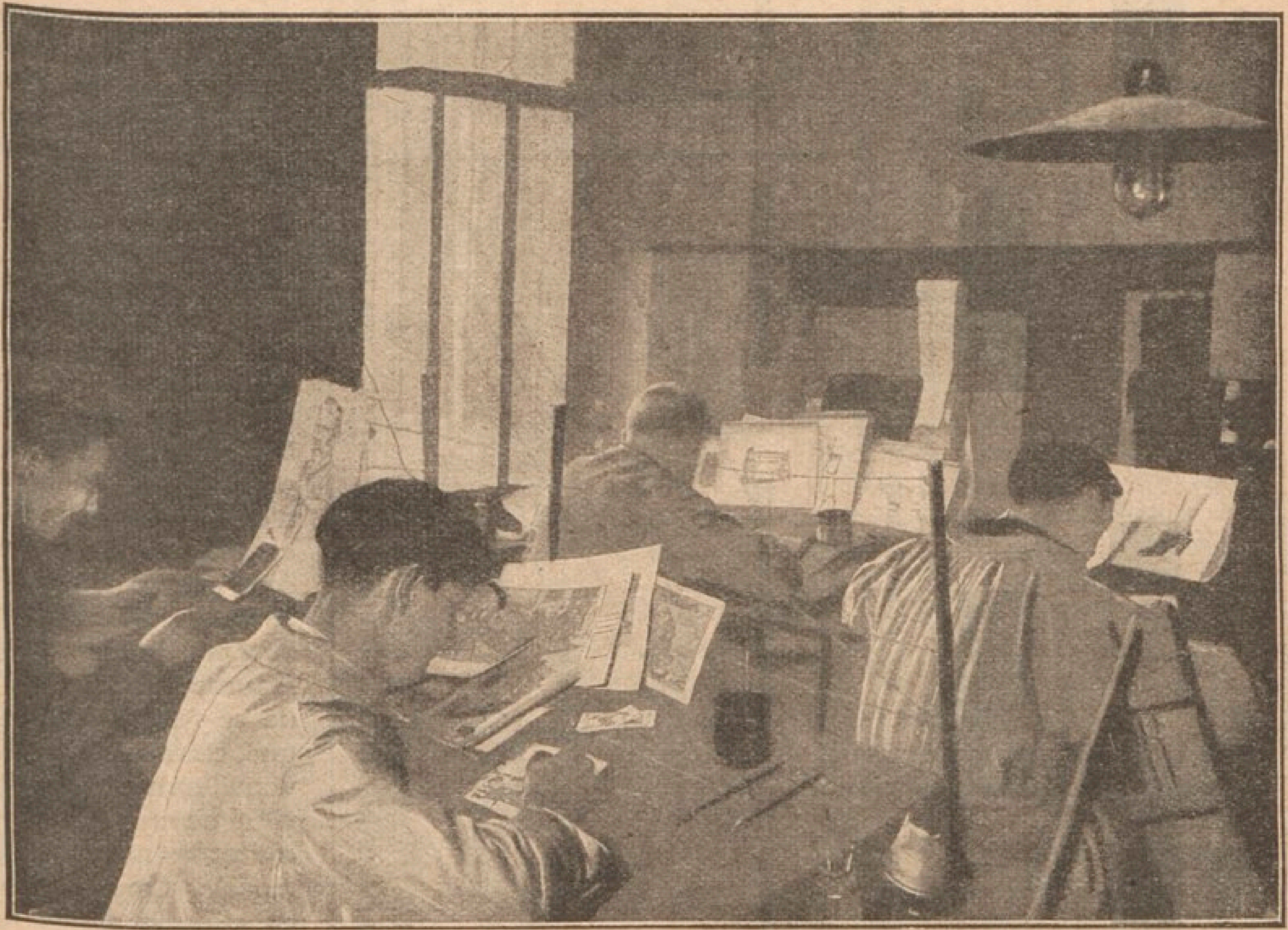
Ce mode de synthèse des couleurs « par addition de lumières » est pratiqué en cinématographie trichrome ; à ce curieux procédé, se rattache aussi la photographie des couleurs sur plaques autochromes.

Si intéressant que soit ce procédé de reproduction des couleurs, il n'aurait que des applications nécessairement restreintes, car la synthèse additive ne se prête pas en conditions satisfaisantes à la production d'épreuves en couleurs sur papier, réalisables seulement par superposition matérielle de couleurs pigmentaires, et, notamment, par superposition d'encrages colorés d'après des planches exécutées

Charte de Couleurs

Noir	Rose	Rouge	Jaune	Vert	Bleu-Vert	Bleu-Violacé	Blanc

Fig. 4. — Cette charte de couleurs schématique, que nous supposons constituée par des teintes plates de la couleur indiquée dans chacun des carrés, est à comparer avec les figures 5, 6 et 7, que nous donnons plus loin, et où sont schématisées les phases successives de la reproduction trichrome.



CHROMISTES AU TRAVAIL DANS UN IMPORTANT ATELIER PARISIEN

Au fur et à mesure de la morsure des planches d'impression, des artistes rompus à la pratique du mélange des couleurs, arrêtent en certaines régions l'action du mordant en recouvrant d'un vernis convenable les parties suffisamment gravées, tandis que les régions découvertes s'éclairent progressivement par la continuation de la morsure, qui se fait dans des bacs basculants (photo à la page 58).

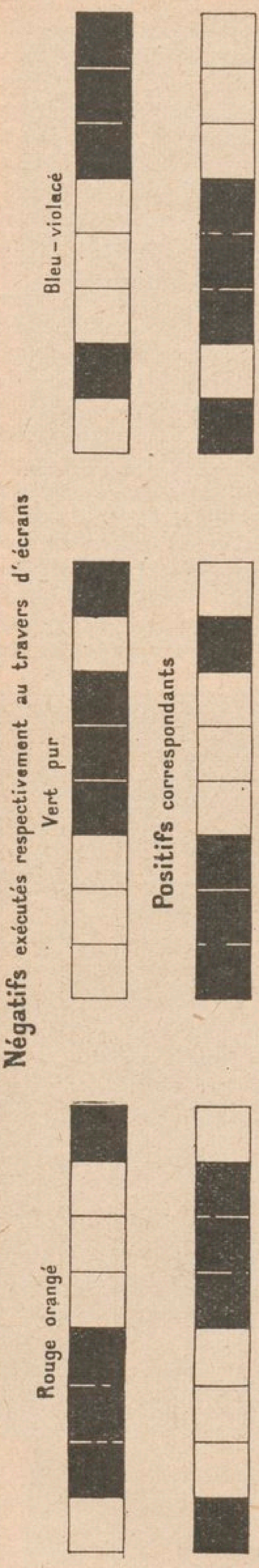


FIG. 5. — NÉGATIFS PHOTOGRAPHIQUES ET POSITIFS CORRESPONDANTS, D'APRÈS LA CHARTE DE COULEURS REPRÉSENTÉE PAR LA FIG. 4

Les négatifs ont été obtenus sur plaques sensibles à toutes les couleurs, en munissant l'objectif d'écrans colorés transparents, respectivement rouge orangé, vert pur et bleu violacé (Figuration schématique).

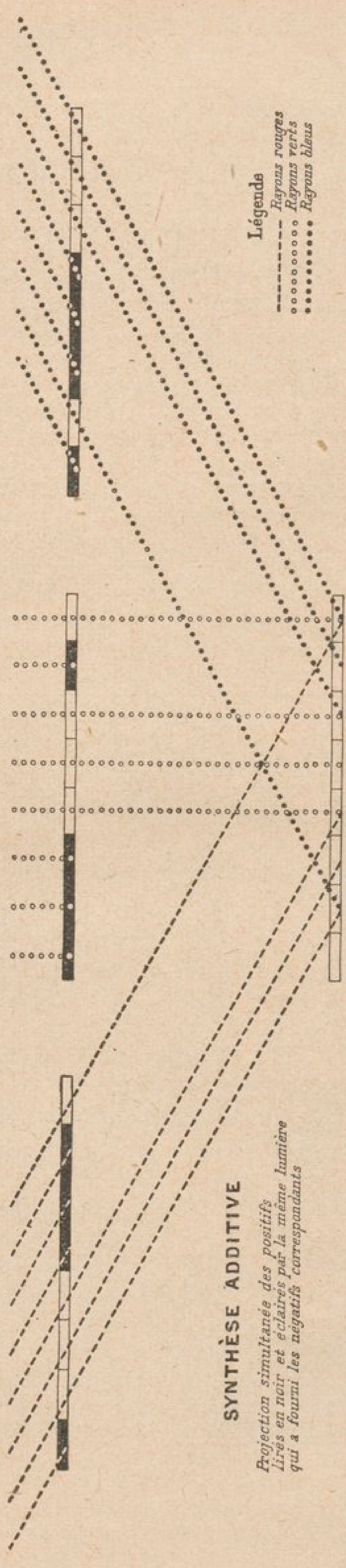


Fig. 6. — En projetant sur un même tableau les images des trois positifs représentés par la figure 5, chacun d'eux étant éclairé par la même lumière colorée qui a été utilisée à l'exécution du négatif correspondant, on reconstitue une image complète du modèle (fig. 4). Voir la figure 7, à la page suivante.

par des procédés photomécaniques.

Si, par exemple, nous considérons le positif correspondant au négatif exécuté sous l'écran vert, ce positif présente son maximum d'intensité dans les portions de l'image qui correspondent aux carrés de notre gamme de couleurs n'émettant pas de lumière verte. La logique exige donc que cette image soit imprimée au moyen d'une couleur qui, précisément, absorbe la lumière verte, et celle-là seulement, soit donc au moyen d'une couleur rose, complémentaire du vert. De même, le positif correspondant à l'écran rouge orangé sera imprimé en bleu vert, et le positif correspondant à l'écran bleu violacé en jaune. Superposons trois positifs photographiques copiés par procédés appropriés (virages, teintures) ou imprimés au moyen d'encres transparentes satisfaisant à la condition énoncée d'être respectivement complémentaires des écrans correspondants *(principe de l'antichromatisme* de Ducos du Hauron), il est facile de se rendre compte que, cette fois encore, nous avons reconstitué correctement toutes les nuances du modèle. Considérons, en effet, la figure 7, où est schématisé ce mode de synthèse, les rayons des trois lumières colorées étant représentés avec les

mêmes tracés conventionnels déjà employés sur la figure 6. Les rayons de chacun des groupes étant absorbés par une des couches colorées, et librement transmis par les deux autres, on voit que l'image polychrome est créée par soustraction progressive de couleurs à la lumière blanche qui parvient à l'ensemble des trois images superposées. Ainsi, par exemple, un bleu du modèle est reconstitué par superposition de la couche rose (transmettant le bleu et le rouge) et de la couche bleu vert (transmettant le bleu et le vert), la superposition de ces deux couches ne pouvant être traversée que par les seuls rayons bleus, sur le trajet desquels ne se présente pas de couleur jaune susceptible de les absorber. L'étroite corrélation entre les deux modes de synthèse que nous venons de décrire peut être mise en évidence par une expérience simple. Si, dans le système de trois lanternes de projection garnies chacune de leur écran coloré, ou si, dans le chromoscope garni de ses trois écrans, on place seulement une des positives sur verre, disposée à sa place normale, on voit sur fond blanc son image colorée précisément en couleur complémentaire de celle de l'écran qui la double ; en disposant de même à leur place normale deux des positives sur verre, l'aspect serait très exactement le même que celui obtenu en superposant matériellement les deux mêmes images, imprimées chacune avec la couleur complémentaire de celle de l'écran générateur.

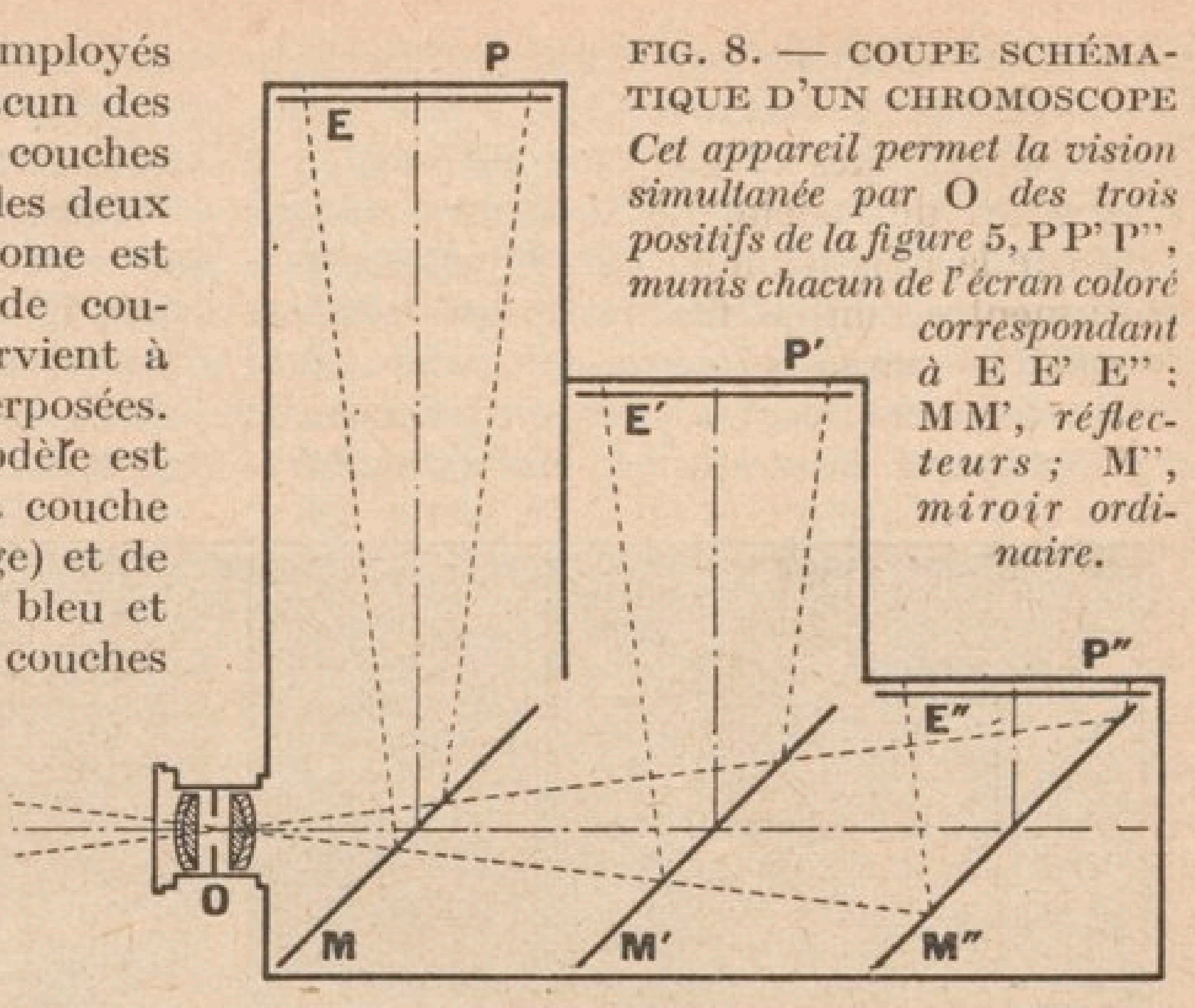


FIG. 8. — COUPE SCHÉMATIQUE D'UN CHROMOSCOPE
Cet appareil permet la vision simultanée par O des trois positifs de la figure 5, P P' P", munis chacun de l'écran coloré correspondant à E E' E" : M M', réflecteurs ; M", miroir ordinaire.

Nous n'avons considéré, jusqu'ici, qu'un modèle schématique réduit à quelques teintes plates ; l'expérience et, s'il en était besoin, le raisonnement, montrent que toutes nuances intermédiaires, lavées de blanc ou assombries de noir, seront aussi correctement traduites. Un vert jaunâtre, par exemple, aurait inscrit faiblement son image au travers de l'écran rouge orangé ; dans la synthèse additive, un peu de lumière rouge viendrait donc nuancer la lumière verte, tandis que, dans la synthèse soustractive, l'image élémentaire bleu vert, imprimée à intensité réduite, n'absorberait qu'incomplètement la lumière rouge.

Synthèse additive. — La forme la plus parfaite de la synthèse trichrome est assurément la synthèse additive, sous la forme où elle est utilisée, notamment pour la cinématographie trichrome L. Gaumont, les trois images élémentaires étant photographiées simultanément sur le film négatif au travers des trois écrans sélecteurs, puis projetées simultanément dans un projecteur triple, au travers de trois écrans de même nuance; sur le fragment de film positif que nous reproduisons, et où les trois images se présentent les unes au-dessus des autres, on

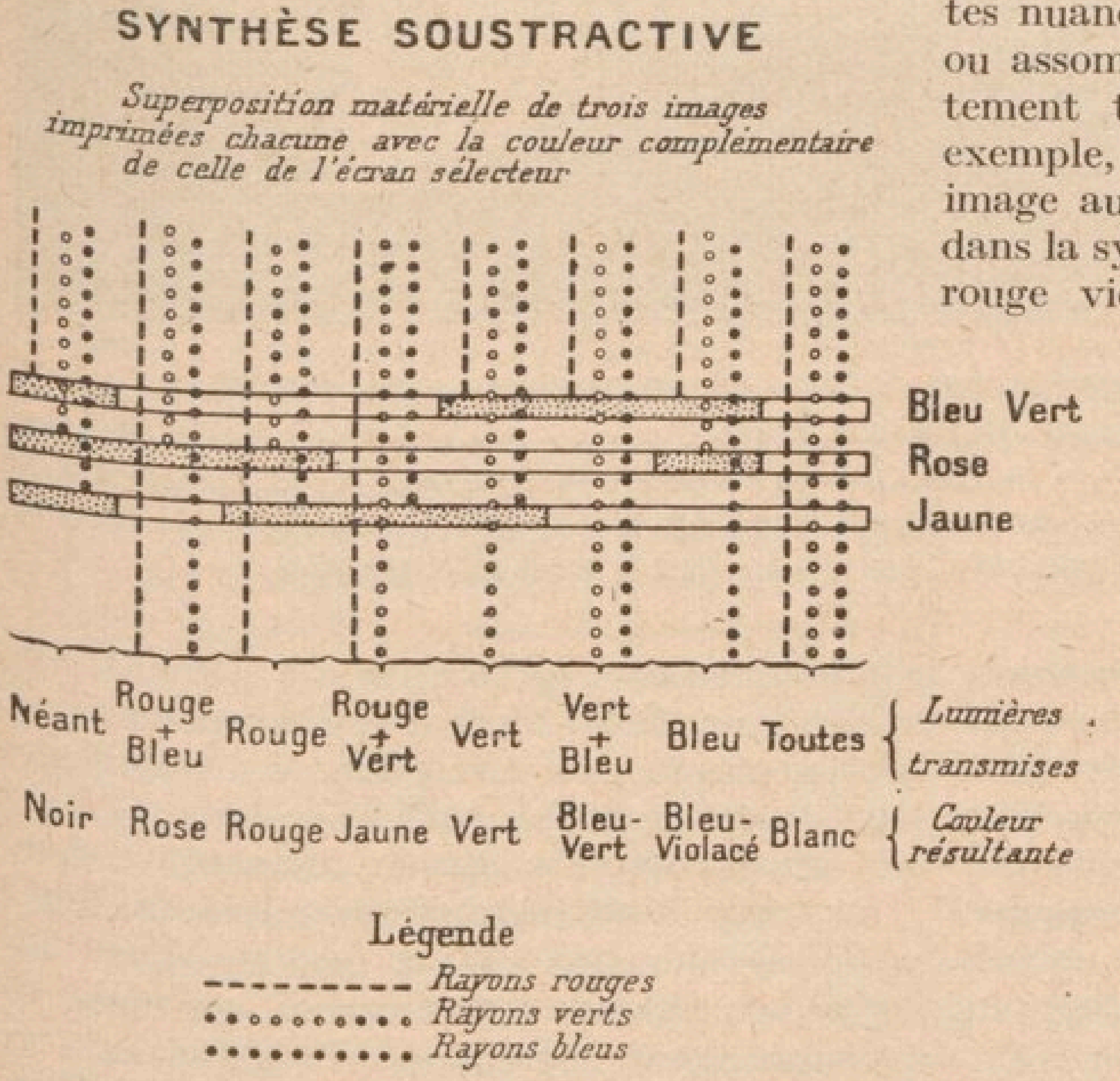
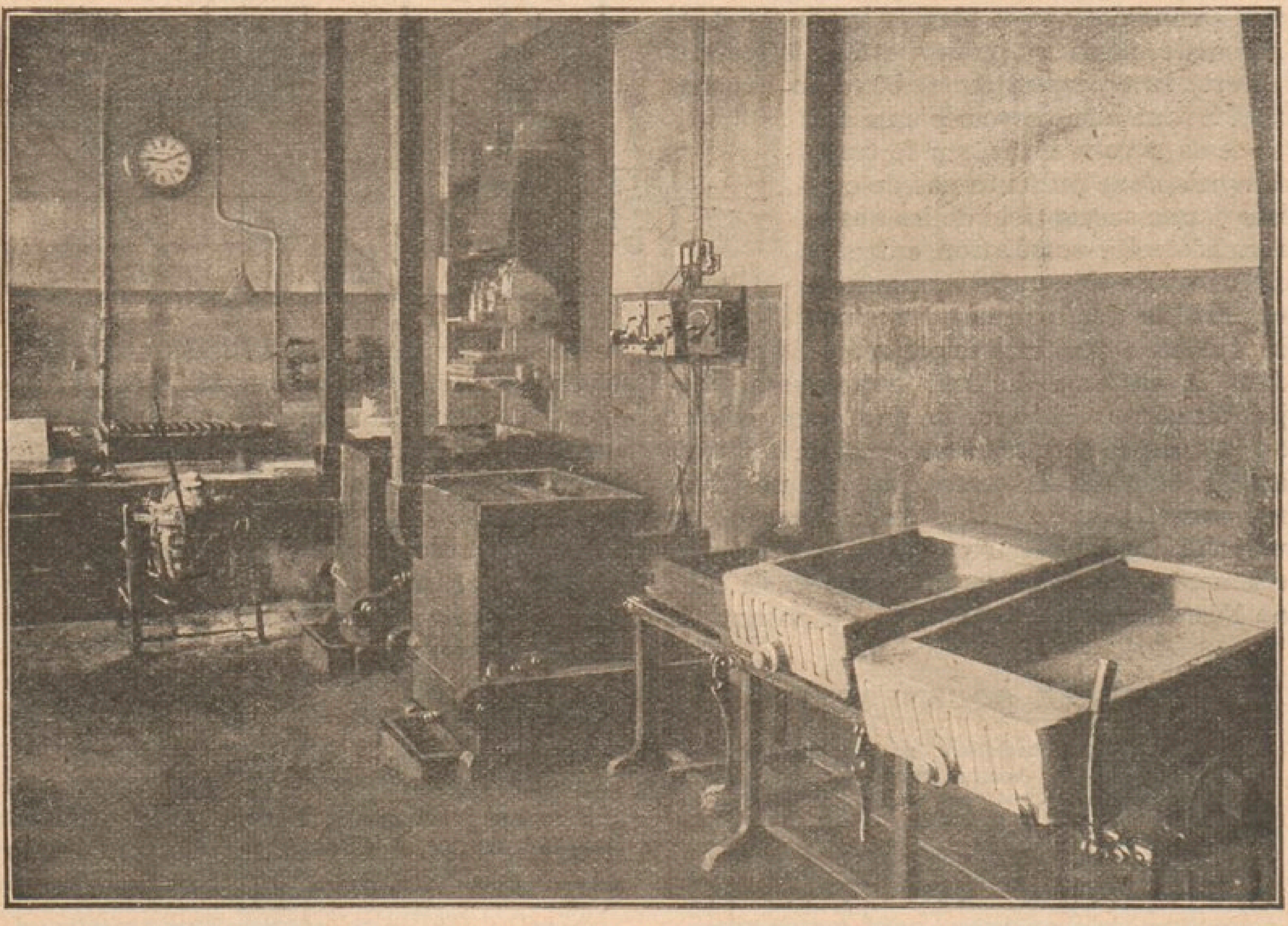


Fig. 7. — En superposant trois positifs, analogues à ceux schématisés sur la figure 5, mais imprimés chacun avec une encre dont la couleur est complémentaire de celle de l'écran coloré qui a été utilisé pour l'obtention du négatif correspondant, on reconstitue matériellement une image identique à celle (fig. 4) utilisée comme modèle.

constatera aisément les différences de rendu des costumes éclatants des Alsaciennes, jupes rouges des trois fillettes debout, jupe bleu clair de la jeune fille assise et corsage vert de la plus jeune fillette. Signalons incidemment qu'un tel film trichrome doit être considéré comme le document le plus certain et le plus durable qui se puisse imaginer en ce qui concerne les couleurs : les écrans, pré-



UN COIN D'ATELIER DE MORSURE, AVEC LES BACS MOBILES A ACIDE

Les planches de métal, après que les négatifs tramés y ont été copiés par des procédés photographiques, constituant à la surface du métal une réserve inattaquable aux acides, sont soumis à la morsure, soit dans les cuves à balancement mécanique que l'on aperçoit à droite, soit dans les appareils à morsure, que l'on voit au centre, où le métal est soumis à une pluie d'acide sous forte pression.

parés avec un dosage déterminé de colorants, qui sont des produits chimiques purs et parfaitement définis, sont susceptibles d'être reproduits identiques à eux-mêmes à toute époque future, où les pigments les plus parfaits de nos tableaux et de nos estampes seront depuis longtemps altérés ou patinés.

Le mode d'application de la photographie trichrome qui est le plus à la portée de l'amateur photographe, la photographie des couleurs sur la plaque autochrome de A. et L. Lumière, se rattache à la méthode de synthèse additive. Cette plaque est constituée en étendant sur verre un enduit poisseux que l'on saupoudre avec un mélange de grains de fécule, dont le diamètre est compris entre 10 et 15 millièmes de millimètre, teints respectivement en bleu violacé, vert et rouge orangé ; en balayant les grains non adhérents au verre, il reste une seule couche de grains jointifs dont l'ensemble, vu à l'œil nu, paraît peu différent d'un verre fumé gris clair, et qui, sous le microscope, apparaît avec la structure représentée sur l'une de nos photographies reproduites à la page 51. Sur cette mosaïque trichrome, dûment laminée et protégée par vernissage, on étend une émulsion sensible panchromatique.

En exposant la plaque autochrome dans un appareil photographique ordinaire, muni d'un écran compensateur égalisant l'activité photographique des diverses couleurs, la plaque étant présentée à l'objectif par sa face verre, de telle sorte que la lumière n'atteigne l'émulsion qu'après avoir traversé l'écran mosaïque trichrome, et développant cette plaque comme une plaque photographique ordinaire, on obtiendrait une image formée de l'enchevêtrement des trois

négatifs sélectionnés, que nous avons précédemment envisagés, cette image n'étant pas seulement inversée dans ses luminosités, mais « négative » aussi en ce qui concerne ses colorations, chaque couleur du modèle étant traduite par sa complémentaire. Il serait évidemment possible, en reproduisant cette image sur une plaque identique, d'en obtenir des positifs corrects, mais il est plus simple et plus sûr de renoncer aux modes opératoires habituels de la photographie et d'obtenir directement une image positive ; il suffit pour cela, après développement de l'image, de dissoudre, non pas, comme il est d'usage, le bromure d'argent non utilisé à la formation de l'image, mais l'argent métallique, qui constitue l'image négative, et de produire cette fois une image positive par développement du bromure d'argent résiduel. Un jaune du modèle, par exemple, est alors reproduit par l'obturation des grains bleus-violets, les grains verts et rouges étant à découvert puisque, lors de l'exposition dans l'appareil photographique, les rayons verts et rouges provenant de l'objet y avaient créé l'image provisoire; un vert serait formé par l'obturation des grains bleus et rouges ; le blanc est formé par la juxtaposition des grains des trois couleurs, à condition d'éclairer vivement la plaque et de l'isoler dans un cadre noir suffisamment large pour que, par contraste, le gris de la plaque nue puisse être assimilé à du blanc pur.

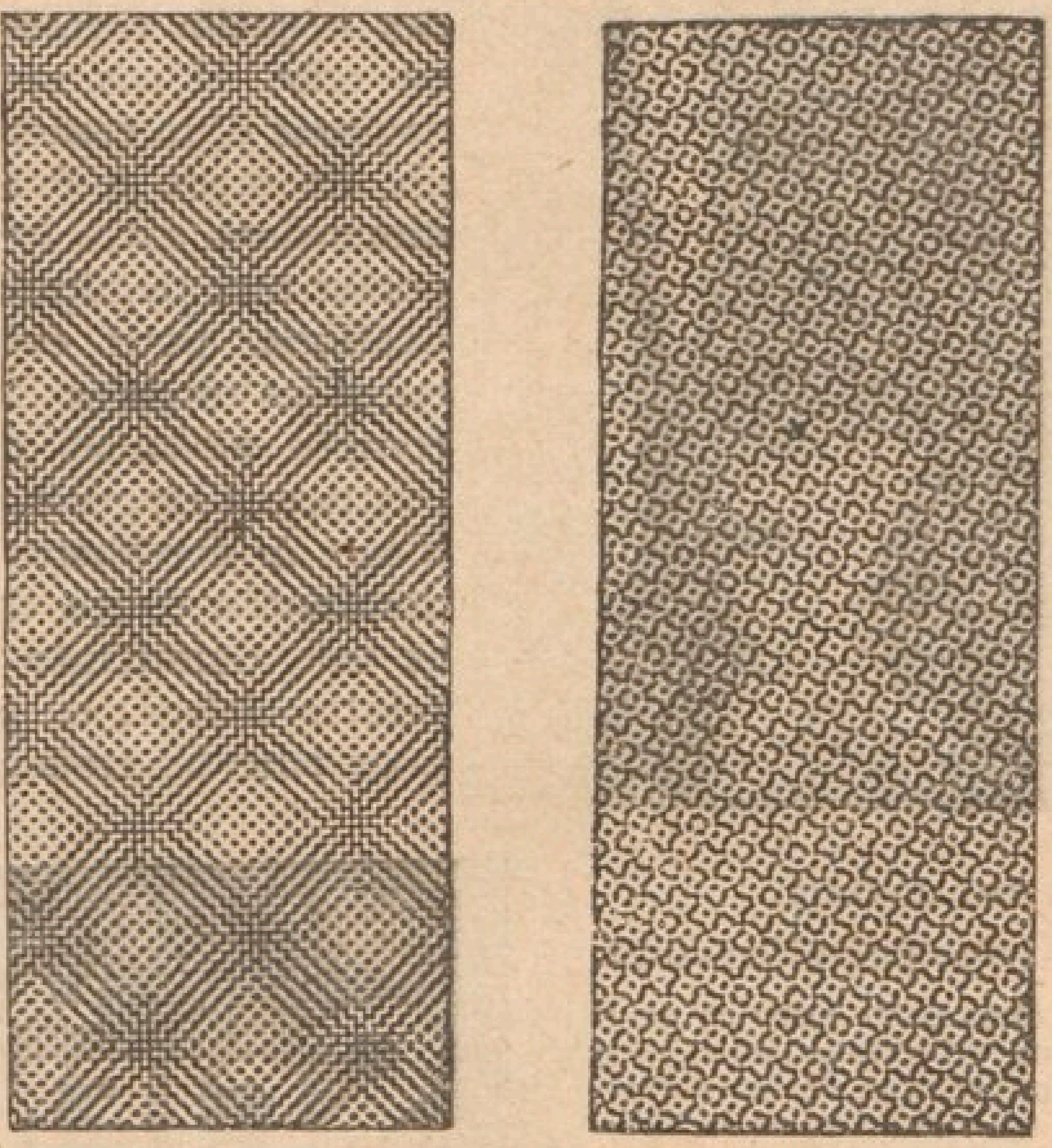


FIGURE 9. — SPÉCIMENS DE MOIRAGES

Ces moirages sont obtenus par superposition de deux teintes tramées (points distribués aux intersections d'un quadrillage régulier à 13 lignes par centimètre). A gauche, les deux tramés sont décalés de 4°30' ; à droite, ils sont décalés de 30°.

L'image sur plaque autochrome, dont beaucoup de nos lecteurs ont probablement pu constater la perfection de rendu, a mis la photographie des couleurs à la portée de tout possesseur d'un appareil photographique. Toutes les fois qu'une sélection trichrome est impossible d'après le modèle, elle peut se substituer audit modèle, et se prêter ultérieurement à la reproduction trichrome photomécanique pour l'illustration des livres ou des revues périodiques.

Synthèse soustractive. — Les méthodes purement photographiques ont permis à quelques habiles opérateurs d'obtenir, par superposition d'images pelliculaires colorées, des résultats remarquables ; rappelons en particulier que les projections trichromes de MM. Lumière constituaient, en 1900, l'une des attractions de l'Exposition Universelle.

Mais cette méthode a surtout trouvé son application dans l'illustration photomécanique en couleurs, et particulièrement pour l'impression typographique et lithographique en trois couleurs. On n'a malheureusement pas encore réalisé d'encres de couleur réunissant la pureté de nuances, la saturation et la transparence des teintures employées dans les procédés photographiques trichromes ; aussi des retouches manuelles sont-elles souvent nécessaires, ainsi que, en certains cas, l'adjonction d'une quatrième impression gris neutre, destinée à rattraper les noirs compromis par un défaut d'équilibre.

La sélection s'effectue alors en même temps que l'on procède au « tramé » des images (Voir le n° 12 de mars 1914 de *La Science et la Vie*), opération que l'on sait être indispensable pour transposer les diverses tonalités d'une image en pointillés plus ou moins chargés, donnant l'illusion de teintes plus ou moins foncées, malgré que les impressions typographiques et lithographiques ne puissent, en réalité, donner que deux tonalités, celle de l'encre déposée en couche d'épaisseur uniforme, et celle du papier nu.

La superposition de deux ou plusieurs images tramées détermine en général un *moirage* ne laissant voir l'image proprement dite qu'au travers d'une sorte de lacis, à structure plus ou moins compliquée, dont notre figure 9 montre un exemple. Pour ré-

MONOCHROME DU JAUNE

D'après le négatif exécuté sous l'écran bleu-violet.

Les deux clichés contenus dans cette page et celui de la page suivante, sont des réductions des clichés qui ont été utilisés pour l'impression de la couverture du présent numéro de « La Science et la Vie ».

rouges et jaunes, en la retournant face pour face entre les deux poses (fig. 2 et 3).

La comparaison de la couverture de ce numéro avec les trois images sélection nées reproduites en noir à échelle réduite, permettra de se rendre compte du mécanisme de la formation des diverses teintes à partir des trois seules couleurs utilisées.

Les modes opératoires ne se différencient en rien, sauf adjonction à l'objectif de l'un ou l'autre des écrans sélecteurs, des modes opératoires suivis pour l'exécution des négatifs tramés pour la similigravure en noir. Il est seulement nécessaire de disposer d'un matériel beaucoup plus précis, de façon à éviter toute différence de dimensions entre les trois images, et d'apporter aux manipulations d'extrêmes précautions, pour éviter tout déséquilibre entre les modelés des images ; on se rend compte aisément qu'une image rouge à contrastes exagérés, superposée à une image bleue à contrastes atténués, aurait une dominante rouge dans les teintes foncées et une dominante bleue dans les demi-teintes claires ; en particulier les durées de pose sous les trois écrans doivent être très

MONOCHROME DU ROSE

D'après le négatif exécuté sous l'écran vert.

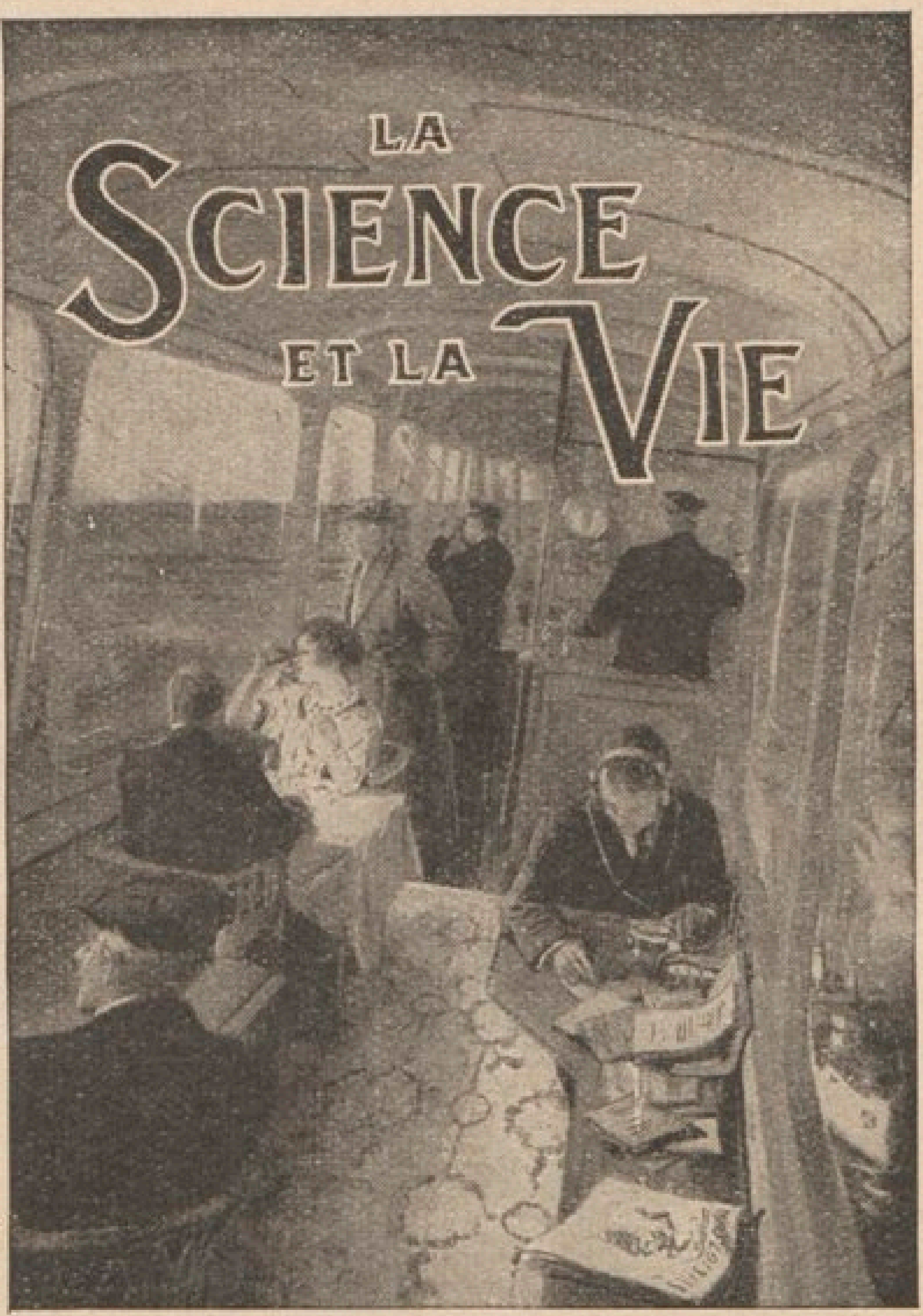
duire au minimum la visibilité de ce moirage, les alignements de points des tramés superposés doivent se couper à 30° les uns des autres ; le moirage n'apparaît alors que sous fort grossissement ; en examinant, par exemple, avec un compte-fils la trichromie qui constitue la couverture de *La Science et la Vie* on pourra remarquer, dans les régions où sont superposés des points rouges et des points bleus de dimensions moyennes, des groupements de points présentant l'aspect particulier de croix de Saint-André, mais ces figures accidentelles sont heureusement assez petites pour n'être pas perçues à l'œil nu.

Pour obtenir automatiquement l'orientation correcte du tramé sur les trois images, on emploie le plus habituellement un jeu de deux trames, dont l'une, lignée à 45° de part et d'autre de la verticale, identique, par conséquent, à la trame normale pour travaux en noir, est affectée à l'image bleue. L'autre trame, rayée à 15° et 75° de la verticale, est utilisée pour les images

exactement proportionnées, et toutes les manipulations ultérieures, en vue d'un bon tirage, doivent être effectuées simultanément pour les trois images avec même durée de traitement dans les mêmes bains.

L'impression photomécanique trichrome ne donne jamais, malgré les progrès considérables qui ont été réalisés dans ces deux dernières années, de résultats aussi parfaits que ceux fournis par la superposition de trois images photographiques obtenues par teinture. D'une part, en effet, comme nous l'avons fait remarquer déjà, on ne dispose pas d'encres de couleur satisfaisant complètement aux diverses conditions idéales, et, d'autre part, la structure pointillée des images est, par elle-même, une cause de dénaturation des couleurs ; dans les teintes claires, en effet, le plus grand nombre des points diversement colorés se juxtaposent sans se superposer, ces parties de l'image se présentant ainsi comme les pointillés des impressionnistes, tandis que, dans les régions foncées, les taches colorées, de dimensions notablement plus grandes, se recouvrent presque complètement. Or, si on superpose, par exemple, deux échelles de teintes identiques imprimées l'une avec une encre jaune et l'autre avec une encre carminée, les clairs de cette gamme nous paraîtront jaune orangé clair, tandis que les parties foncées nous paraîtront rouge pur.

On avait, avant la guerre, mené à bien quelques expériences concluantes pour remédier à cet inconvénient, en utilisant pour les trois images partielles la même trame, maintenue en même position, de telle sorte que les éléments des hors tramés se recouvrent au même degré dans toute l'étendue des gradations, leurs centres étant disposés, non plus aux sommets d'un quadrillage, mais aux intersections de trois systèmes de parallèles équidistantes, à 60° les unes des autres. Mais les trames spéciales employées à ces essais étaient de fabrication allemande. Les brevets en étant, dans l'intervalle, tombés dans le domaine pulbic, il est à souhaiter que la fabrication des trames à 60° soit reprise en France ou dans quelque pays allié, et que l'emploi s'en généralise pour le tramé des similigravures trichromes.

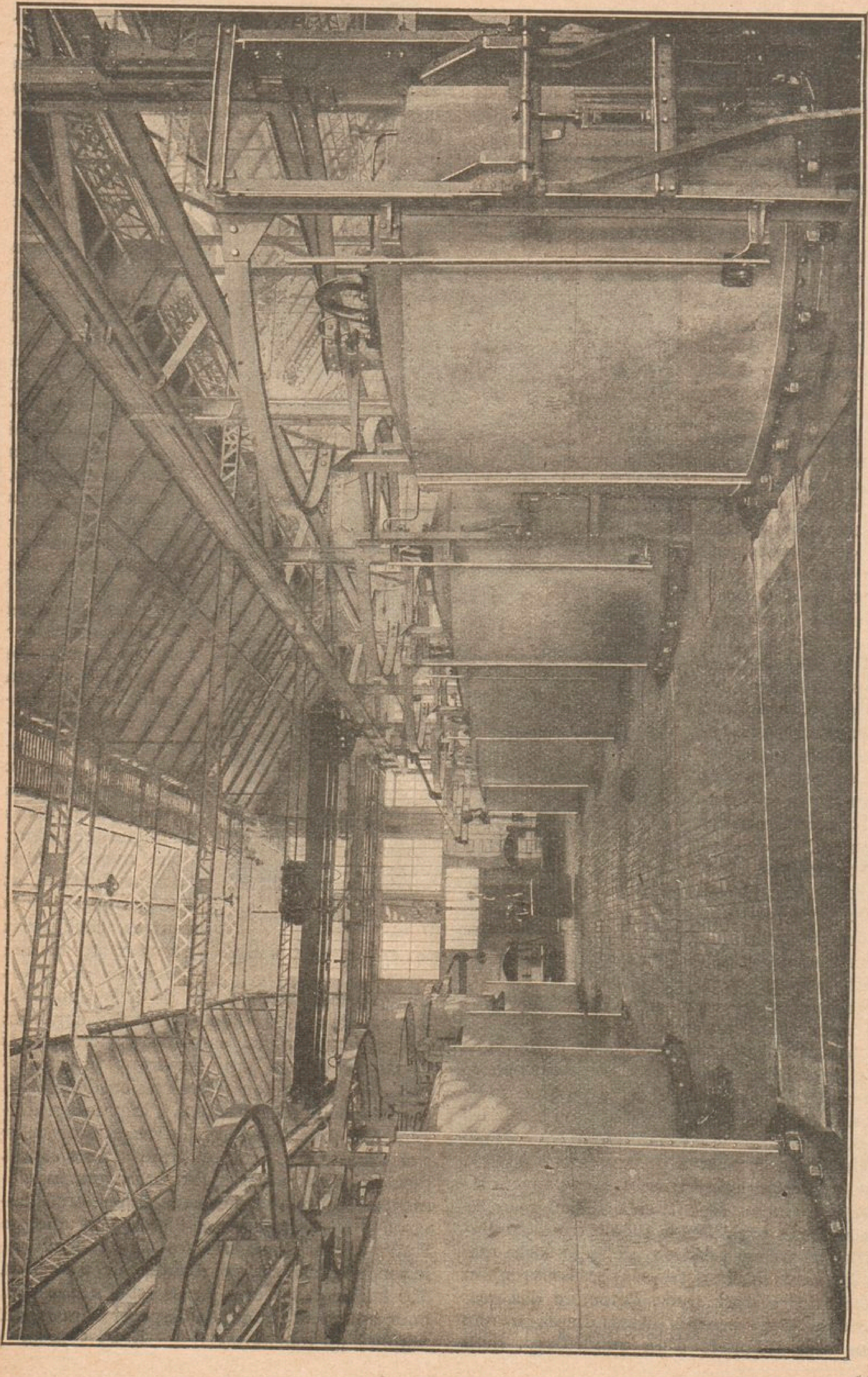


MONOCHROME DU BLEU-VERT

D'après le négatif exécuté sous l'écran rouge-orangé.

Pour permettre de limiter les clichés en positions concordantes, on adjoint généralement au modèle à reproduire des repères, croix noires tracées sur bristol blanc, qui seront reproduites sur les trois négatifs, puis sur les trois planches d'impression, et ne seront éliminées qu'au montage définitif des planches sur les blocs-supports ; pour faciliter le contrôle des opérations, on adjoint souvent aussi au modèle à reproduire des témoins, dont l'un est constitué par une gamme de couleurs analogue à celle dont nous avons étudié la reproduction, et une gamme de gris neutres, échelonnés du noir au blanc : l'identité des trois images de cette échelle de gris donne la garantie la plus complète du parfait équilibre de ces images et contrôle l'encrage des épreuves d'essai, qui serviront ultérieurement de guides pour l'impression définitive.

Les machines utilisées à l'impression doivent être extrêmement précises, et comporter des margeurs automatiques permettant l'exacte superposition des trois images élémentaires. Le débit d'une machine étant d'environ 1.500 épreuves à l'heure, et chaque feuille devant passer trois fois sous la machine, le rendement n'est, en réalité, que d'environ 500 feuilles à l'heure. Aussi est-il nécessaire, pour un grand tirage, de disposer d'un grand nombre de machines. L.-P. CLERC.

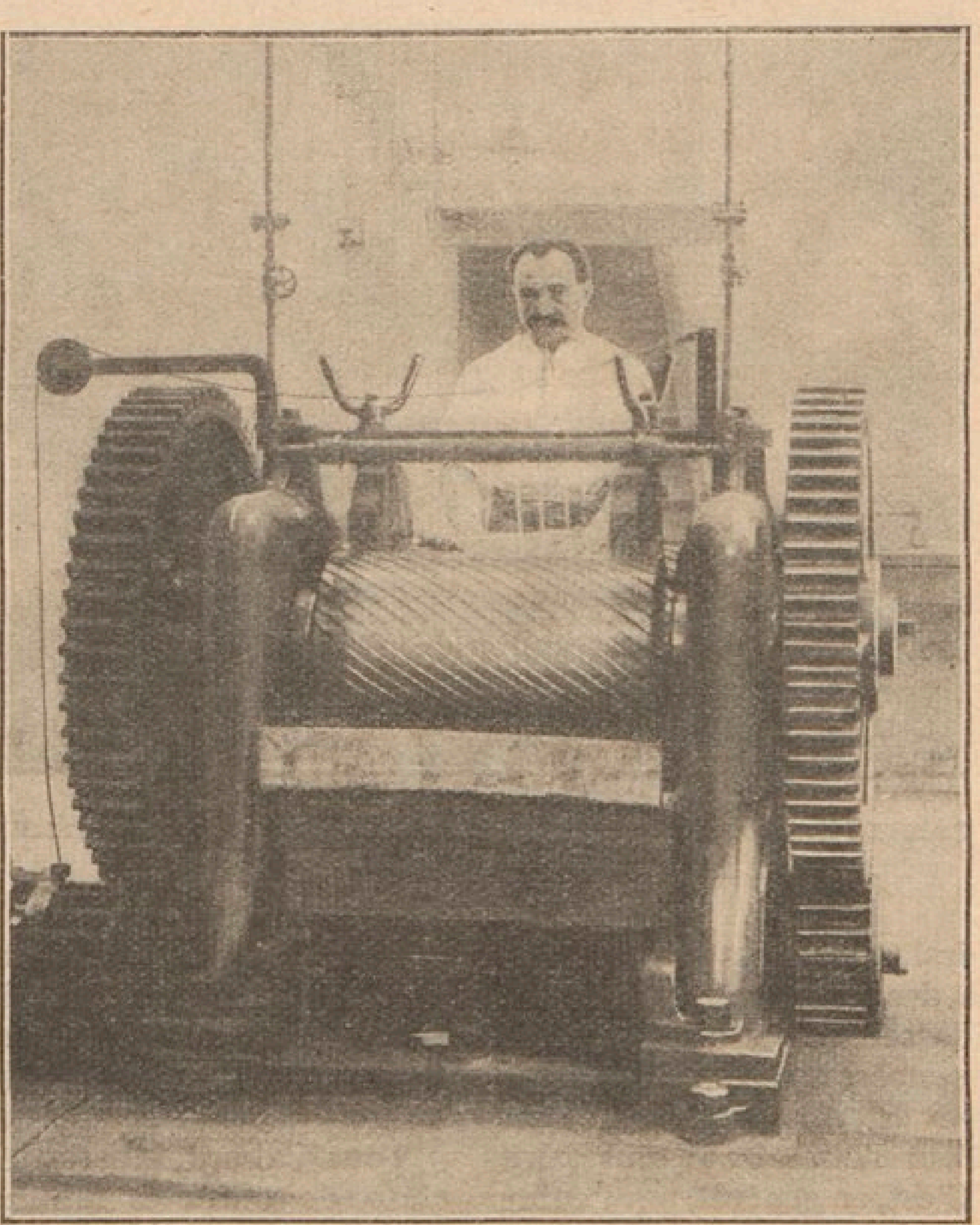


BATTERIE DE GRANDS AUTOCLAVES A PRESSE HYDRAULIQUE INTÉRIEURE POUR LA VULCANISATION DES PNEUMATIQUES

TRAVAILLÉ PAR DIVERSES MACHINES, LE CAOUTCHOUC BRUT DEVIENT UN PNEUMATIQUE

Par Maurice REGALIER

Le caoutchouc, qui sert à tant d'usages divers, a trouvé dans la confection du pneumatique un débouché considérable. C'est à un vétérinaire Irlandais, J.-B. Dunlop, de Belfast, que nous devons la création du pneumatique, qui fut tout d'abord appliqué à la bicyclette (1888). Le caoutchouc des forêts brésiliennes qui bordent l'Amazone, celui de l'Inde et de Ceylan, ne sont pas, on le conçoit, près d'être épuisés. Aussi, la gomme, que l'on extrait des arbres tropicaux, comme la résine de nos pins des Landes, n'a pas, — et il est bon de le faire remarquer, — suivi le mouvement de hausse générale qui a plus que triplé le prix de la vie ; elle est un des rares produits qui aient conservé à peu près leurs cours d'avant-guerre. La production de la gomme brute, qui était de 10.000 tonnes en 1890, de 52.000 en 1900, et de 120.000 en 1914, a dépassé 300.000 tonnes en 1918. Les cours, qui étaient de 15 à 20 francs le kilo vers 1910, descendaient à 8 et 9 francs en 1914 et à 7 et 6 francs en 1917-18. Et, pourtant, le pneumatique se fait chaque jour plus rare et devient toujours plus cher, comme toute marchandise dont la rareté provoque la spéculation. La cause de cette hausse, il faut la chercher aussi dans la fabrication même du produit, qui nécessite un important outillage, une grande quantité de matières premières, dont la toile, gardées longtemps en magasin, une main-d'œuvre assez spéciale et coûteuse.



MACHINE A DÉCHIQUETER LE CAOUTCHOUC BRUT

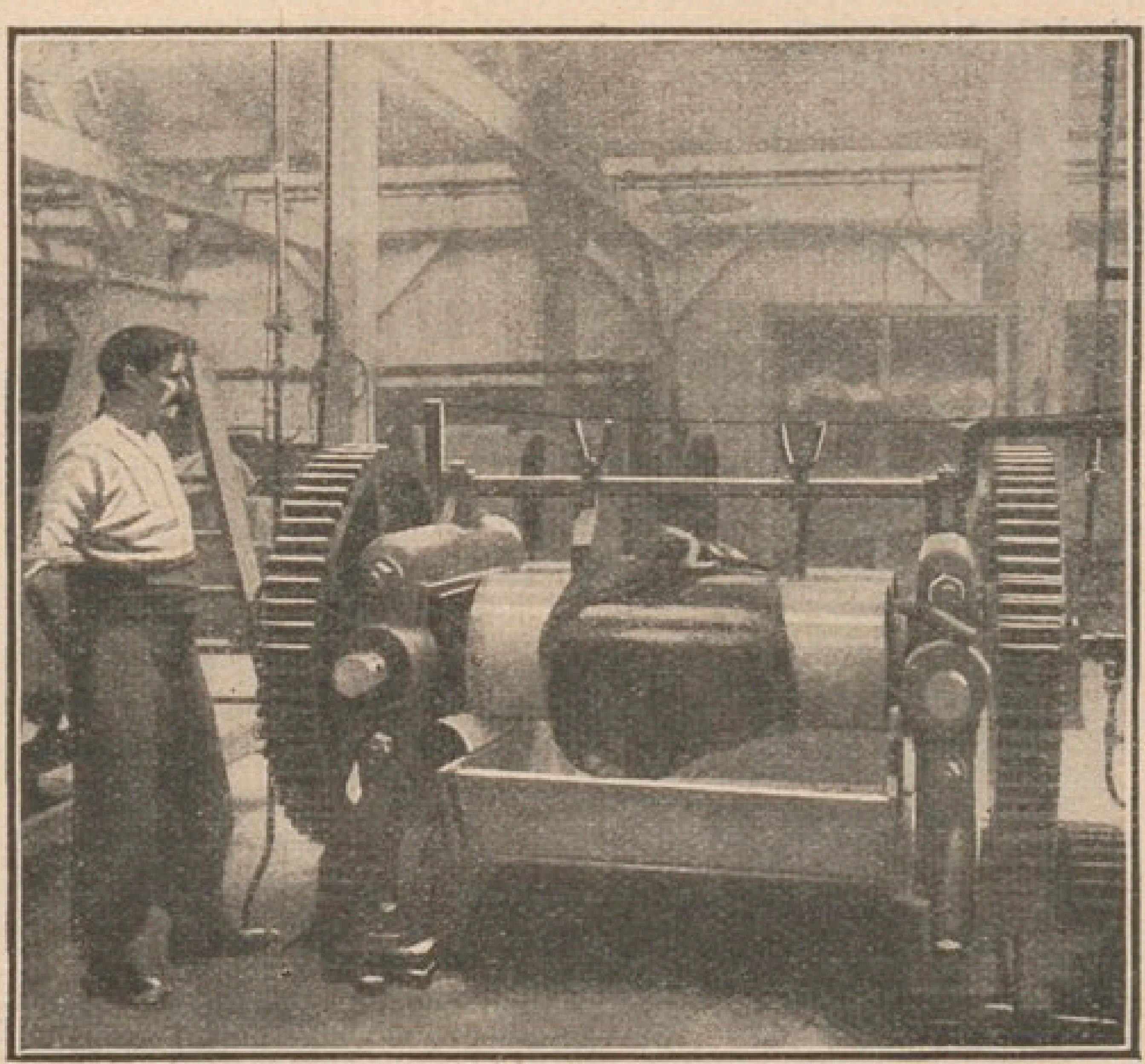
Entre deux cylindres à grosses cannelures et sous un courant d'eau froide, les boules de caoutchouc sont broyées et agglomérées.

Une enveloppe pneumatique se compose de toiles et de caoutchouc. Sans remonter au déluge, nous savons que Christophe Colomb, en découvrant l'Amérique, découvrit le caoutchouc, puisque une des premières choses que remarquèrent ses compagnons en débarquant sur le nouveau continent fut que les Indiens se servaient, dans leurs jeux, de balles élastiques ; mais ce n'est que vers 1751 que les premiers échantillons en par-

vinrent en Europe, et cent ans plus tard qu'un chimiste américain, Goodyear, découvrit le procédé de la vulcanisation qui consiste à incorporer du soufre à la gomme et à donner ainsi à celle-ci les qualités nécessaires à son emploi dans la plupart des industries — et elles sont nombreuses — où on l'utilise.

L'Amérique du Sud, l'Amérique centrale, les Indes, le Tonkin, le Congo, Madagascar, les îles de la Sonde, produisent aujourd'hui du caoutchouc. Suivant son origine, on le dénomme Para, Manaos, Soudan, Mozambique... Les arbres dont il provient appartiennent à des espèces botaniques diverses: les *Heveas*, les *Castilloas*, *Ficus Cearas*, et de nombreuses *Euphorbiacées*. Il se récolte comme la résine : à coups de hachette, l'ouvrier pratique des incisions dans l'écorce de l'arbre à caoutchouc. Ces incisions ont la forme d'un V, ou affectent la disposition dite en arête de poisson, c'est-à-dire une coupure tous les trente centimètres, de chaque côté d'une ligne formant canal vertical, ou bien encore sont faites en spirales. Au bas de ces incisions, on dispose des godets dans lesquels s'écoule un liquide semblable à du lait, le latex, qui n'est pas encore le caoutchouc, mais dans lequel celui-ci est contenu à l'état de petits globules. Pour l'obtenir, il faut faire coaguler le latex. C'est, en général, par l'enfumage que l'on produit cette coagulation.

L'ouvrier, qui a réuni dans un grand vase plat tout le latex résultant de sa récolte de la journée, plonge dans ce vase une petite pelle de bois presque semblable comme forme à celle de nos boulangers. Une mince couche de latex s'attache au bois de la pelle. A côté de lui brûle un feu de bois vert, qui a été recouvert d'un instrument analogue au diable dont se servent nos ménagères pour activer le tirage de leurs fourneaux. La pelle, recouverte de sa couche de latex, est placée au-dessus de cette petite cheminée par laquelle sort une fumée abondante et fort épaisse. Le latex se dessèche, et il reste sur la pelle une couche de caoutchouc qui a quelquefois un millimètre, et souvent un centimètre d'épaisseur. Dès que cette couche est suffisamment prise, l'ouvrier plonge de nouveau sa pelle dans le vase et continue jusqu'à ce qu'il ait épuisé le lait qui y est contenu. A ce moment, il fait une incision dans la masse recueillie, la dégage de la pelle et la façonne en une sorte de boule.



LAMINOIR A CYLINDRES LISSES SERVANT A AGGLOMÉRER LES FRAGMENTS DE CAOUTCHOUC

D'autres procédés sont employés également pour obtenir la coagulation du latex, moyens chimiques, acides ou alcalins, ou mécaniques. L'alcool, l'acide phénique, le carbonate de potasse, l'acide sulfurique ou citrique, l'alun, donnent des résultats plus rapides que le procédé de l'enfumage, mais aux dépens de la qualité du produit. Il en a été de même des procédés mécaniques essayés par barattage et au moyen d'écrémeuses centrifuges. Ainsi réduite en boules de dix, vingt ou trente kilos, la gomme est expédiée directement aux ateliers de fabrication, où elle va subir de nombreuses et longues opérations mécaniques.

Tout d'abord, afin de débarrasser le caoutchouc de toutes les impuretés qu'il peut contenir : pierres, sable, bois, on le soumet à un bain de douze heures dans de grandes cuves remplies d'eau tiède. Les blocs, ainsi ramollis, sont découpés en morceaux de la grosseur du poing et envoyés à une première déchiqueteuse, où des cylindres à grosses cannelures les concassent et les broient sous une nappe courante d'eau froide qui entraîne les impuretés que le laminage libère et évite l'échauffement. Les deux cylindres, tournant en sens

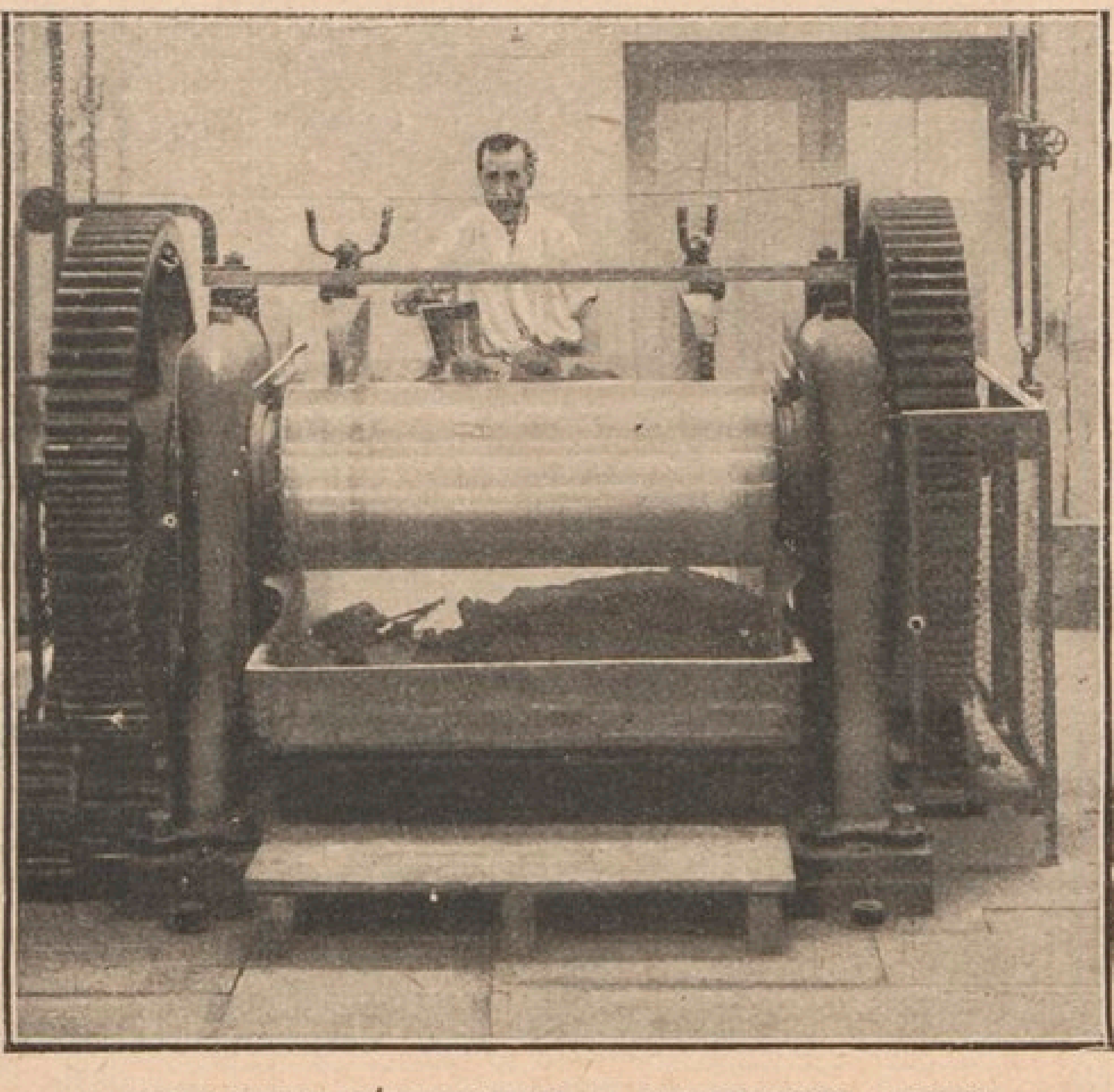
inverse et à des vitesses différentes, dans le rapport de 3 à 2, peuvent s'écarter ou se rapprocher à volonté. C'est ainsi que l'ouvrier, pour les premières passes, règle cet écartement à quelques centimètres, puis, au fur et à mesure que, repris et ramenés aux laminoirs, les morceaux s'écrasent et s'aplatissent, les cylindres sont rapprochés. Les fragments de caoutchouc commencent alors à s'agglomérer entre eux et à constituer d'abord des lambeaux grossiers et rugueux qui, réunis et comprimés encore maintes et maintes fois, par le même procédé, se transforment peu à peu en une feuille continue dont on règle la largeur, environ trente centimètres en général, à l'aide de deux couteaux verticaux, en forme de V, qui peuvent coulisser au-dessus des cylindres et permettent de limiter le passage du caoutchouc. L'opération du déchiquetage est arrêtée lorsque la bande est réduite à une épaisseur de 1 à 2 millimètres.

FEUILLE DE CAOUTCHOUC APRÈS LE DÉCHIQUETAGE

Les feuilles ainsi obtenues ont un aspect gaufré, qui rappelle les étoffes en crêpe de Chine ; elles sont maintenant débarrassées de toutes impuretés, et ne contiennent plus que du caoutchouc pur. Transportées au séchoir, elles y séjourneront une quinzaine de jours. Déchiquetage et séchage donnent lieu à un déchet assez important et qui varie suivant les qualités de 4 à 40 %.

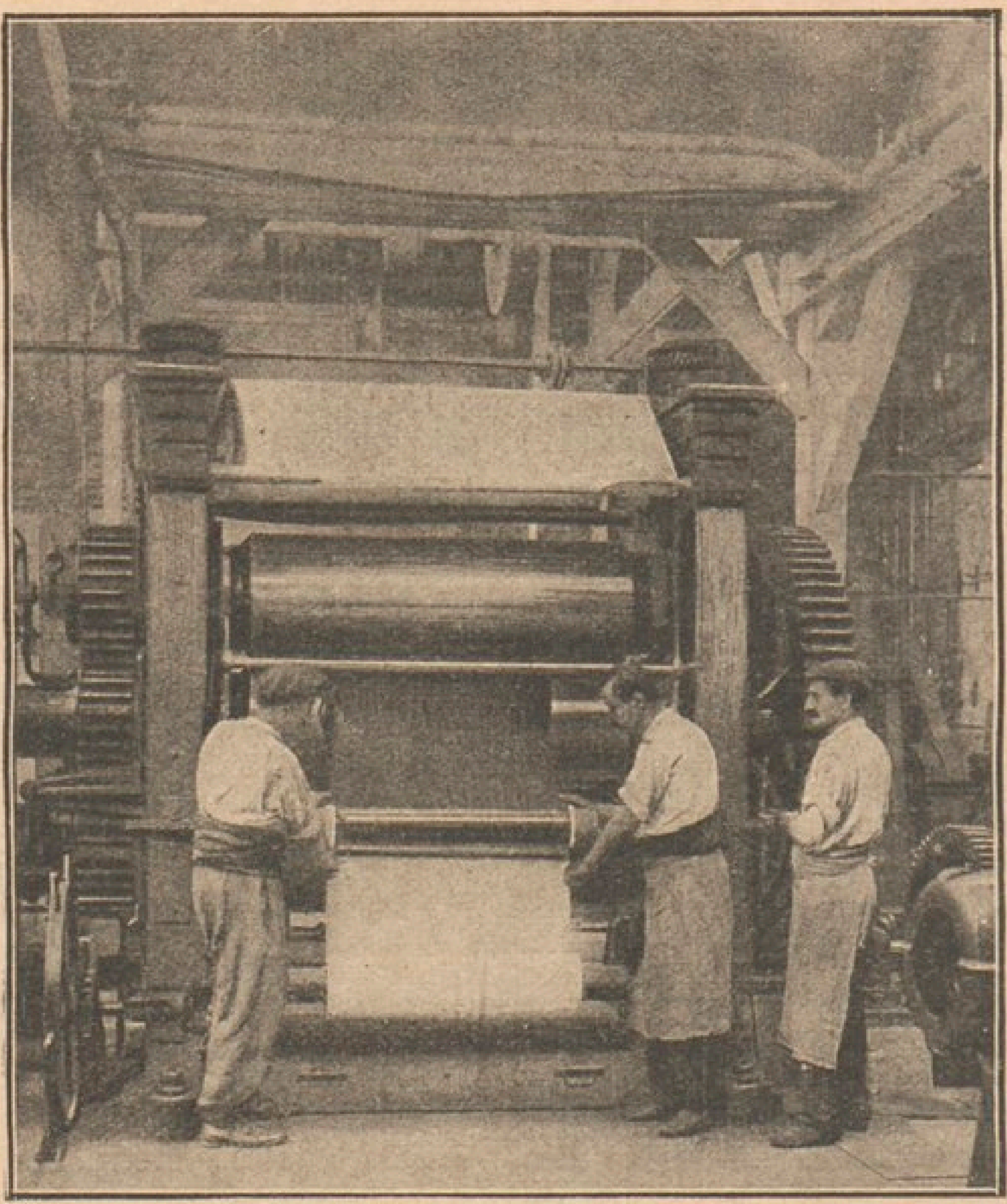
Une fois sèches, les feuilles de caoutchouc rentrent dans la fabrication et passent aux mélangeurs où on leur incorpore le soufre, qui permettra la vulcanisation et, par suite, leur utilisation industrielle. Outre le soufre, que l'on mélange dans une proportion de 4 à 10 %, on ajoute à la gomme divers produits qui en modifient la dureté, la résistance, la souplesse, la couleur, le prix, suivant l'usage auquel on la destine. Ces produits sont très variés et la liste en est longue : craie, kaolin, goudron, magnésie, vaseline, huile de ricin, paraffine, oxyde de fer, blanc de zinc, baryte, mica. noir de fumée, etc. ; seule la proportion dans laquelle ces corps sont mélangés à la gomme reste un secret de laboratoire, que les ingénieurs chimistes gardent jalousement, car d'elle dépend en grande partie la qualité du produit. Ces mélanges s'opèrent mécaniquement à l'aide d'un appareil semblable au déchiqueteur, mais de dimensions plus grandes. C'est un laminoir dont les cylindres, lisses et creux, peuvent être réchauffés à la vapeur ou refroidis par un courant d'eau.

Ils tournent également en sens inverse l'un de l'autre. plus lentement que ceux du broyeur précédent, et leur écartement est variable, suivant les phases du travail. Les feuilles de caoutchouc obtenues au cours des opérations précédentes vont à nouveau passer entre les deux cylindres,



APPAREIL MÉLANGEUR A CYLINDRES LISSES

C'est pendant cette opération qu'on incorpore au caoutchouc le soufre qui permettra la vulcanisation.



LE MÉLANGE DE CAOUTCHOUC PASSÉ A LA CALANDRE

Les feuilles laminées sont recueillies entre des toiles afin d'éviter qu'elles ne se soudent les unes aux autres.

chauffés à la température voulue; roulées en tampon, elles s'y brisent, s'y écrasent en crépitant; puis, petit à petit, en s'échauffant, elles se ramollissent et prennent l'apparence d'une pâte consistante. C'est à ce moment que l'ouvrier verse, par doses successives, le soufre et les poudres à incorporer que lui livre le chef de fabrication qui les reçoit lui-même du laboratoire par charges de vingt kilos. Sous l'effet du malaxage continu, le mélange s'opère peu à peu; les poudres s'incorporent intimement à la gomme, qu'elles teintent de couleurs variées.

Au fur et à mesure que la nappe passe entre les cylindres du mélangeur, on la coupe par bandes que l'on roule encore en tampons et que l'on rejette dans l'appareil. Le mélange intime du caoutchouc et du soufre s'opère enfin d'une façon complète et on obtient, sous ce pétrissage incessant, une matière de couleur uniforme et d'une homogénéité parfaite que l'on roule en blocs compacts, sous forme de pains. En cet état, le caoutchouc est plastique, encore malléable; il se soude à lui-même; il conserve les formes qu'on lui impose; un coup d'ongle y laisse sa trace. Mais si on le soumet à une température variant entre 110 et 130 degrés, il se vulcanise,

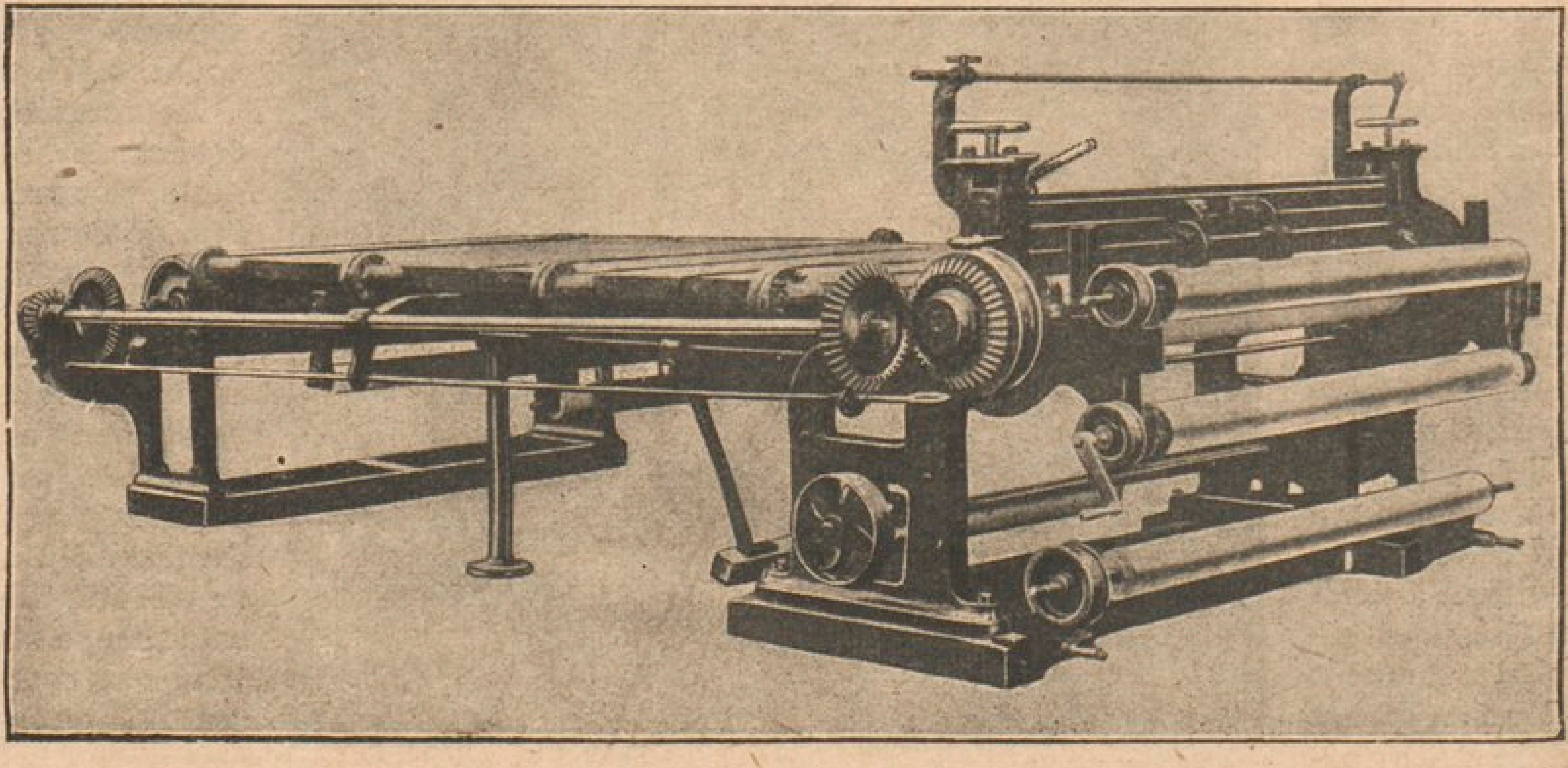


TABLE HORIZONTALE A GOMMER EMPLOYÉE DANS LA FABRICATION DES PNEUS

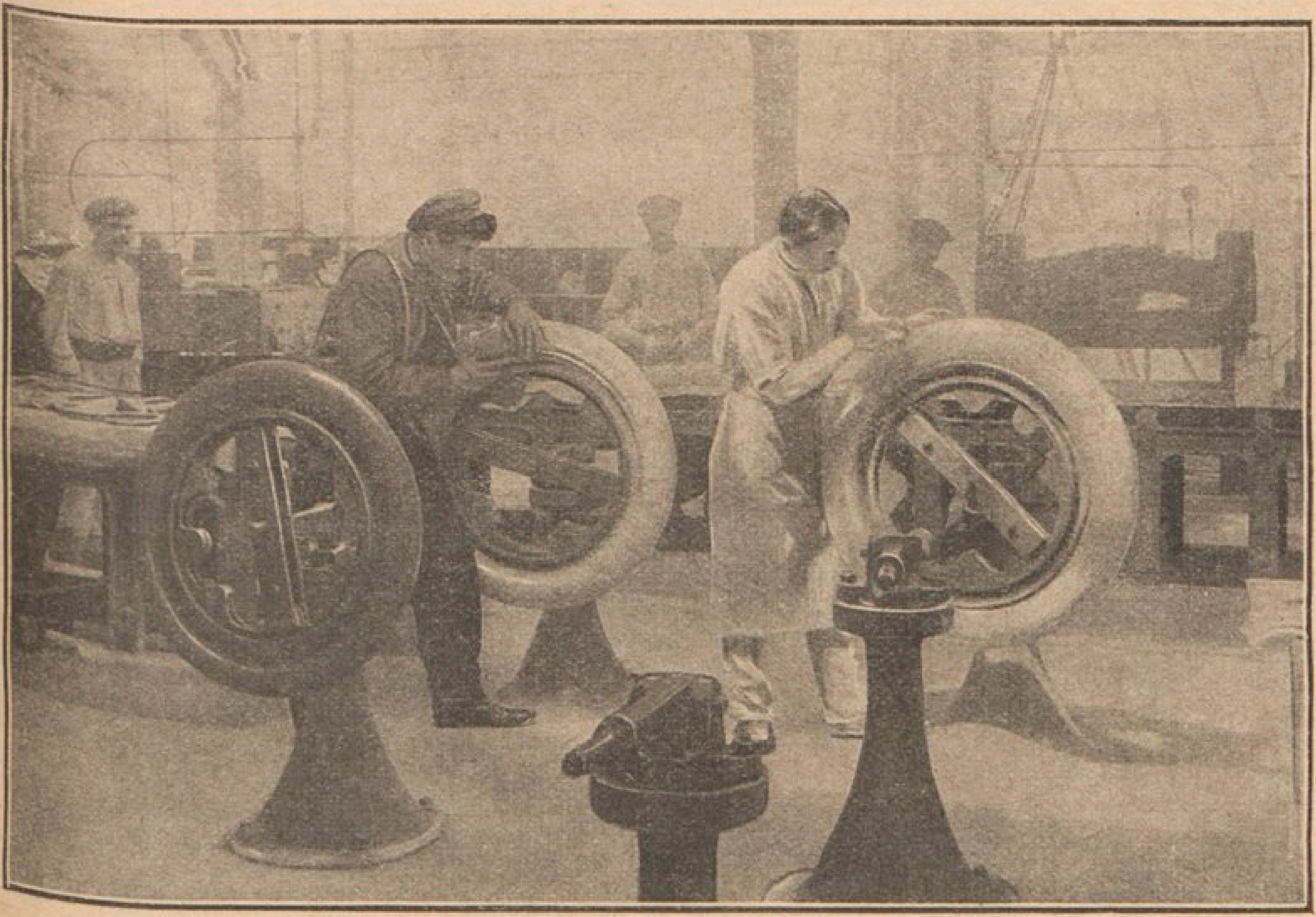
Sur cette table chauffée la toile se déroule lentement, tandis qu'une mince nappe de dissolution de caoutchouc se dépose uniformément à sa surface.

c'est-à-dire qu'il devient tel qu'on le voit sous forme de gomme à effacer ou d'enveloppe de pneumatique, élastique, souple, mais non malléable et ne se soudant plus à lui-même.

Il faut encore, pour qu'ils soient aptes à servir à la confection définitive, que ces pains mélangés passent au calandrage pour être transformés en feuilles plus ou moins épaisses. La calandre se compose de plusieurs cylindres superposés, d'ordinaire trois ou quatre, dont les axes sont dans un même plan vertical. Ces cylindres sont creux et reçoivent à volonté vapeur ou eau froide pour régler la température ; ils tournent lentement, à la vitesse de quatre tours par minute. Les pains mélangés, préalablement réchauffés sur un malaxeur, sont amenés à la calandre déjà sous forme de bandes de 15 à 20 millimètres d'épaisseur, qui sont introduites entre les deux cylindres supérieurs. Le mélange tourne entre ces rouleaux, s'appliquant avec force sur celui du milieu, et vient passer entre les deux laminoirs inférieurs, d'où il sort en feuille ayant au plus deux millimètres d'épaisseur. Cette feuille est recueillie dans les plis d'une toile, afin d'éviter que le caoutchouc ne se soude à lui-même.

C'est à cette étape de la fabrication du pneumatique que nous voyons intervenir la toile et la dissolution de caoutchouc. La dissolution se prépare à l'aide de broyeuses à cylindres de granit sous lesquels on écrase et pulvérise de petits blocs de caoutchouc que l'on délaye dans une certaine quantité de benzine, de façon à obtenir un liquide visqueux, qu'il sera aisé d'étendre sur la toile. Celle-ci est un des constituants les plus importants d'un pneumatique, puisque c'est d'elle que dépend en grande partie sa résistance. C'est elle qui va former la carcasse de l'enveloppe sur laquelle viendront se disposer les épaisseurs de caoutchouc, les croissants et bandes de roulement. Pour lui permettre d'adhérer d'une façon complète au caoutchouc avec lequel elle doit former un tout inséparable, on l'enduit de dissolution. Cette opération se fait de deux manières : à l'aide d'une table horizontale ou d'un métier vertical à gommer. Ce dernier permet le caoutchoutage sur les deux faces de l'étoffe ; la table horizontale est la plus usitée.

Sur une table métallique chauffée, la toile, en tissu de coton, se déroule lentement à plat, tandis qu'une règle métallique, tangente à



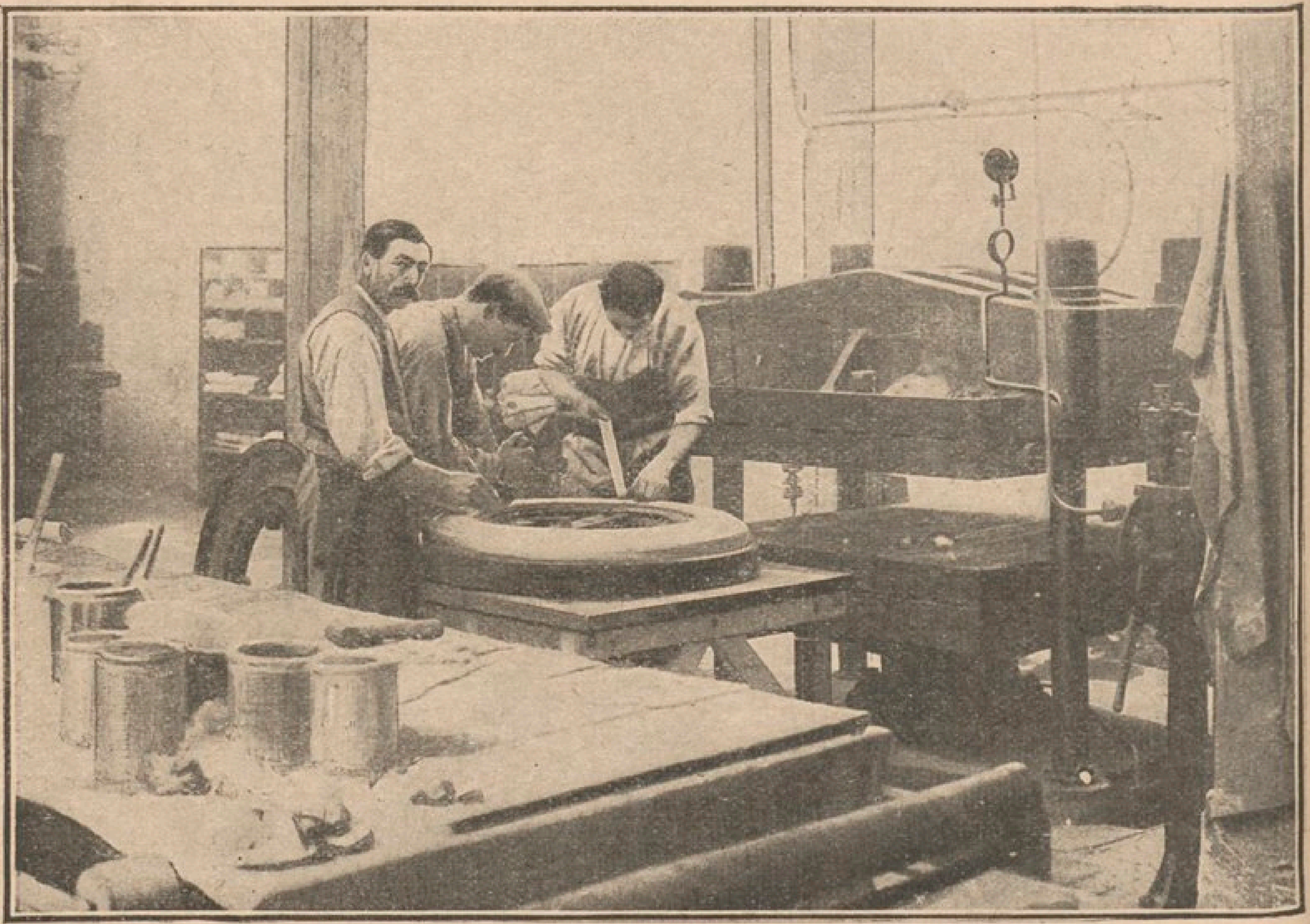
UNE DES PHASES DE LA FABRICATION DES ENVELOPPES DE PNEUMATIQUES

Les toiles gommées sont disposées, par bandes superposées, sur un noyau de fonte ayant la forme de l'enveloppe, puis l'ouvrier place le talon, fait de caoutchouc dur.

la toile, laisse passer une mince nappe de dissolution de caoutchouc. Cette dissolution se dépose en une couche régulière sur la toile qui l'entraîne, et la chaleur de la table métallique, faisant évaporer la benzine, opère le séchage dans d'excellentes conditions.

Avec le métier vertical, la toile, imprégnée de dissolution sur ses deux faces, passe entre deux plateaux verticaux, chauffés à la vapeur, où se produit l'évaporation de la benzine et, par suite, le séchage de la mince couche de caoutchouc qui y a été déposée.

Il applique alors de nouvelles bandes de toile gommée, dont le nombre augmente suivant la grosseur du pneumatique. L'armature de toile terminée, on pose les gommes de la carcasse. Ces gommes sont celles qui ont été préparées en feuilles par la calandre. Dans ces feuilles, on découpe, suivant les dimensions voulues, les tranches qui vont servir à terminer l'enveloppe, c'est-à-dire à recouvrir les toiles de la carcasse et à constituer le croissant, bande plus étroite et plus épaisse, en contact constant avec la route, et que, pour



L'ESTAMPAGE A FROID D'UNE ENVELOPPE DE PNEUMATIQUE

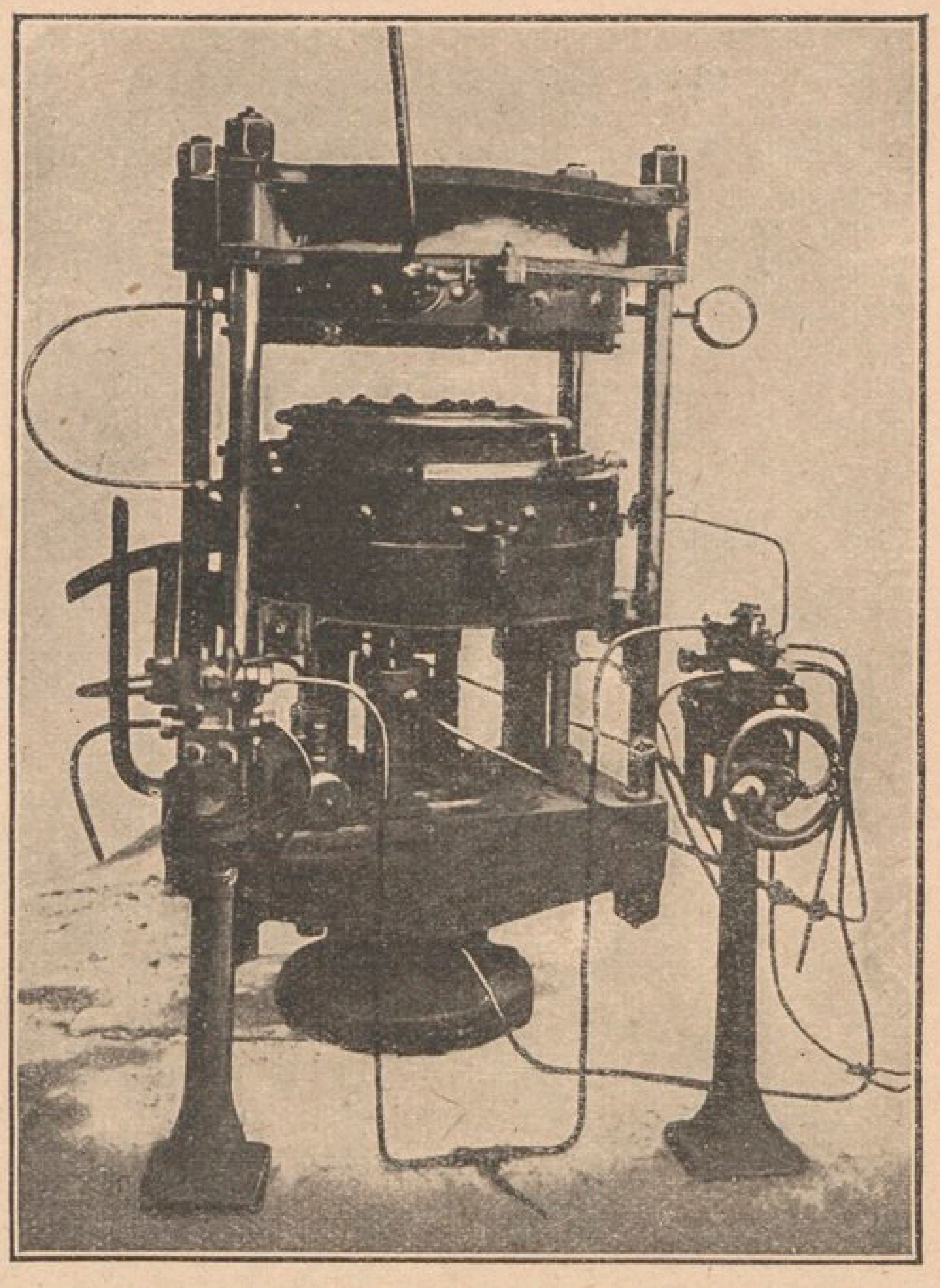
Après avoir passé sous la presse, la forme est ouverte et l'on constate s'il y a excès de caoutchouc, auquel cas on corrige avec un instrument spécial.

C'est, après le travail du métier à gommer, que commence vraiment la confection du pneumatique, ou, plus exactement, de l'enveloppe. Les toiles gommées sont découpées en bandes de largeur variable, suivant les sections du pneumatique, à 45 degrés des fils de trame et de chaîne ; puis, sur un noyau de fonte, ayant exactement la forme intérieure d'une enveloppe, l'ouvrier place d'abord une, deux, trois toiles, les colle les unes aux autres par pression d'une roulette, en enveloppe ainsi la forme entière du noyau et vient enfin placer le talon, bourrelet fait de caoutchouc spécial, dur et peu élastique.

cette raison, on renforce à l'aide de deux ou trois bandes de toile intercalées, premières victimes offertes aux morsures des silex.

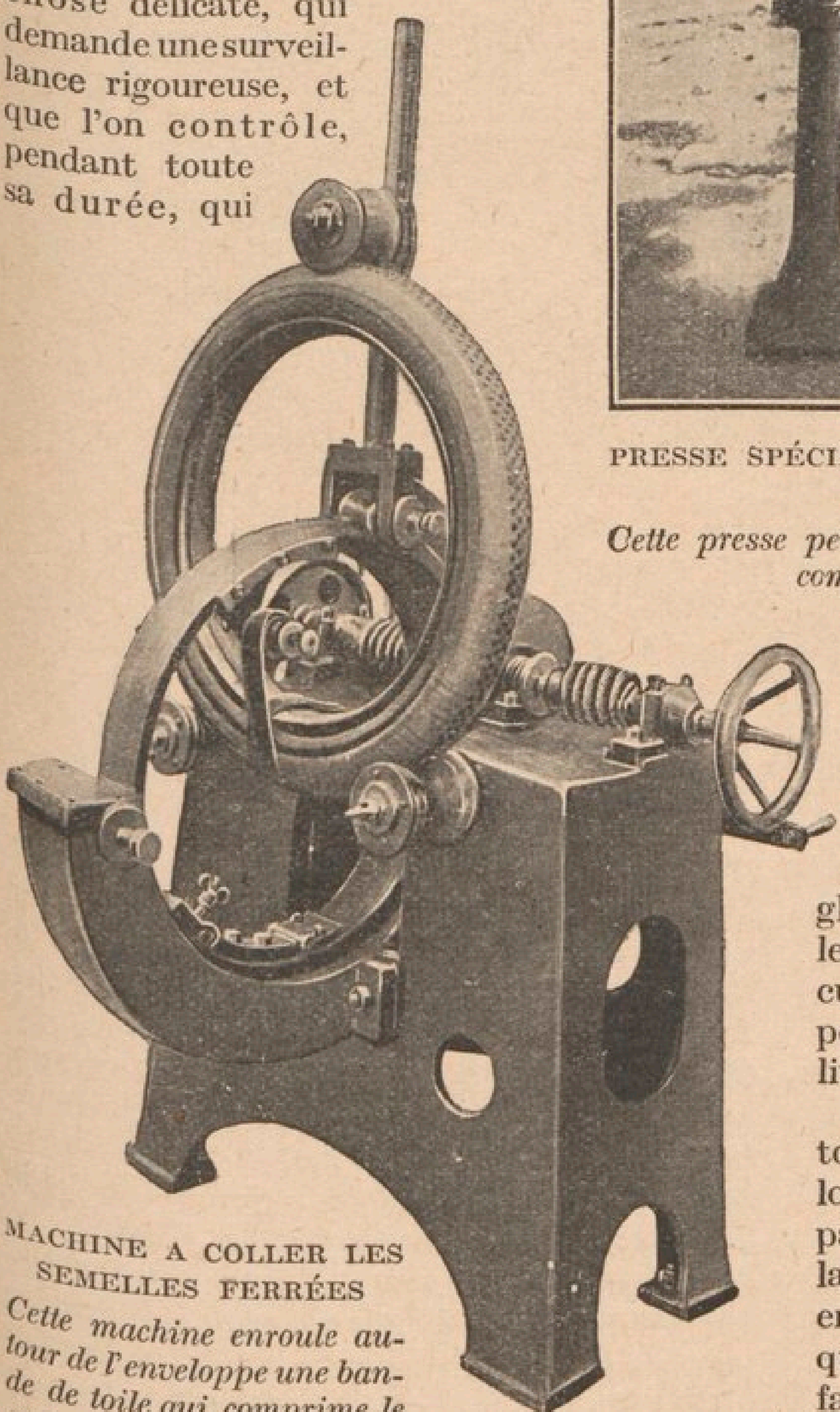
L'enveloppe ainsi constituée est mise dans un moule de fonte, formé de deux coquilles symétriques ayant exactement la forme extérieure du pneumatique, et passe aussitôt à la presse à froid pour l'estampage, opération qui a pour but de vérifier s'il y a excès ou manque de gomme. Après l'estampage, une fois le moule ouvert, on constate s'il y a des manques ou, au contraire, des cloques provenant d'un peu d'air emprisonné pendant la confection. Les manques sont aussitôt

remplis avec de la gomme ; les cloques sont crevées d'un coup de piquette, petite alène, et les bulles d'air s'évanouissent. Le pneu ainsi vérifié n'a plus qu'à être cuit et vulcanisé. Il est remis dans les coquilles et porté à l'autoclave. L'autoclave est une chaudière à couvercle mobile dans laquelle on peut faire arriver de la vapeur sous pression. Pour les enveloppes, l'autoclave est de dimensions telles qu'il peut contenir une douzaine de moules superposés. Comme la cuisson doit s'opérer sous pression, l'autoclave contient une presse hydraulique entre les plateaux de laquelle sont disposés les moules qui subissent ainsi une très forte pression maintenue pendant toute l'opération. La cuisson est chose délicate, qui demande une surveillance rigoureuse, et que l'on contrôle, pendant toute sa durée, qui varie encore, suivant la nature des mélanges et la qualité que l'on veut obtenir. Les moules sont alors extraits de l'autoclave et démontés ; le pneumatique en sort fini, vulcanisé. Il est nettoyé, ébarbé des bouts de caoutchouc qui ont pu se glisser dans les interstices du moule, et, finalement, mis dans des caves spéciales, obscures et tempérées, où il devra séjourner pendant deux mois au moins avant d'être livré, prêt à rouler, au consommateur.



PRESSE SPÉCIALE POUR LA FABRICATION DES PNEUMATIQUES DE BICYCLETTES

Cette presse permet, en une seule opération, de conformer, de comprimer et de vulcaniser l'enveloppe.



MACHINE A COLLER LES SEMELLES FERRÉES

Cette machine enroule autour de l'enveloppe une bande de toile qui comprime le croissant ferré sur la carcasse et le maintient pendant la vulcanisation.

Telle est la fabrication du pneumatique à toiles. Le nombre considérable d'opérations longues et minutieuses par lesquelles il a passé, le temps qui s'écoule entre le jour où la gomme est entrée à l'usine et celui où elle en sort à l'état d'enveloppe, justifient, jusqu'à un certain point, le prix élevé que le fabricant se croit en droit de demander.

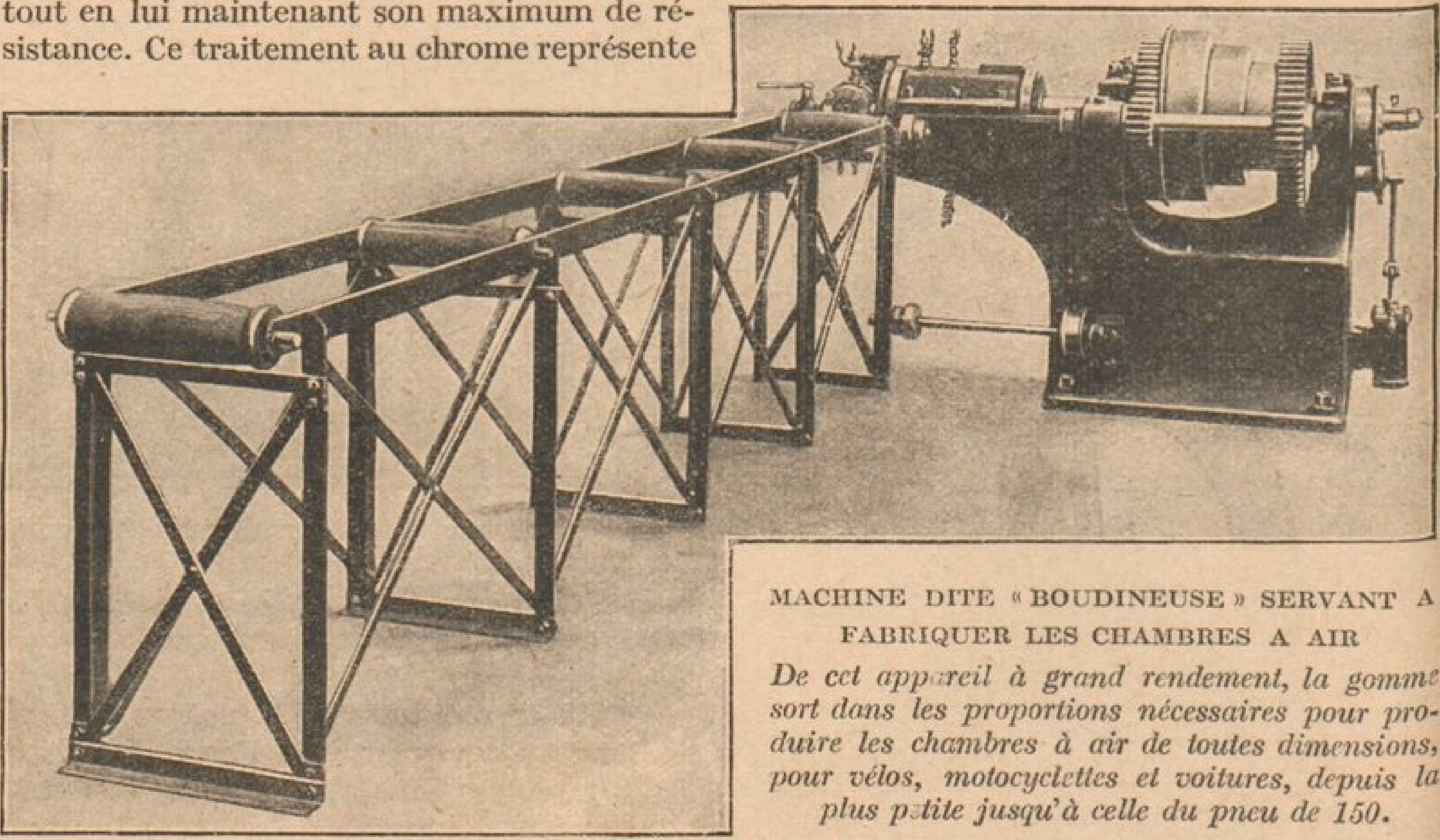
Malgré la bonne qualité des matières premières employées, malgré les soins extrêmes

apportés par des ouvriers habiles et spéciaux à la confection du pneumatique, celui-ci n'en reste pas moins un produit fragile, d'usure rapide, dont le perfectionnement n'a jamais cessé d'être l'objet des recherches des ingénieurs.

On a, alors, protégé le pneumatique extérieurement, en l'entourant d'une gaine de cuir munie de rivets d'acier, dispositif qui a l'avantage de résister au glissement de la voiture sur les terrains gras. C'est ainsi que sont nés les antidérapants. Voici comment on procède à cette fabrication :

Sur une carcasse d'enveloppe telle que nous l'avons décrite plus haut, à la place de la bande de roulement de caoutchouc, on colle avec de la dissolution une bande de cuir chromé, c'est-à-dire de cuir, non pas tanné, mais transformé par des sels de chrome qui permettent d'éviter la décomposition de ce cuir, tout en lui maintenant son maximum de résistance. Ce traitement au chrome représente une série assez importante d'opérations diverses, bains et traitements chimiques. Une fois cette première chape de cuir posée sur la carcasse, on applique par-dessus la semelle : croissant de cuir dans lequel on a percé des trous en quinconce et engagé dans ces trous des rivets en acier cémenté. L'avantage de ce mode de fabrication est de pouvoir, si l'on s'y prend à temps et si la carcasse employée est parfaite, remplacer la semelle usée par une neuve. Une machine spéciale enroule autour de l'enveloppe une bande de toile qui comprime le croissant ferré sur la carcasse et le maintient ainsi pendant la vulcanisation. Cette même machine servira encore plus tard, une fois l'enveloppe terminée, à envelopper celle-ci d'une bande de papier d'emballage.

L'enveloppe ne constitue pas, à elle seule, le pneumatique, et elle ne serait, certes, d'aucune utilité à l'automobiliste si on ne lui donnait, pour la soutenir et la remplir, la chambre à air, véritable matelas élastique sur lequel la voiture s'appuie, et qui lui permet de supporter, aux plus grandes vitesses, les chocs, les secousses, les trépidations, que l'air comprimé dans la chambre absorbe et atténue. Le procédé de fabrication de la chambre à air est beaucoup plus simple que celui de l'enveloppe. Pas de toile gommée, mais simplement la gomme en feuille telle que nous l'avons vue sortir de la calandre. On découpe ces feuilles en bandes d'une largeur un peu supérieure au développement de la section de la chambre à confectionner. Des ouvrières disposent ces bandes de gomme autour d'un long tube métallique ayant la dimension de la chambre ; elles les ébarbent au moyen de ciseaux dont la seule pression des lames suffit à opérer la soudure. La gomme, ainsi disposée sur le tube, est enveloppée de toiles, suffisamment serrées, qui la maintiennent. Elle est alors portée à l'autoclave. La vulcanisation terminée, la chambre est débarrassée des toiles qui la recouvrent et on la retire, en la retournant, de dessus le tube qui lui servait de soutien. Une vérification minutieuse permet de s'assurer que la paroi est absolument sans défaut, qu'aucun grain de poussière n'est venu se loger dans l'épaisseur de la gomme, créant ainsi un point faible, une

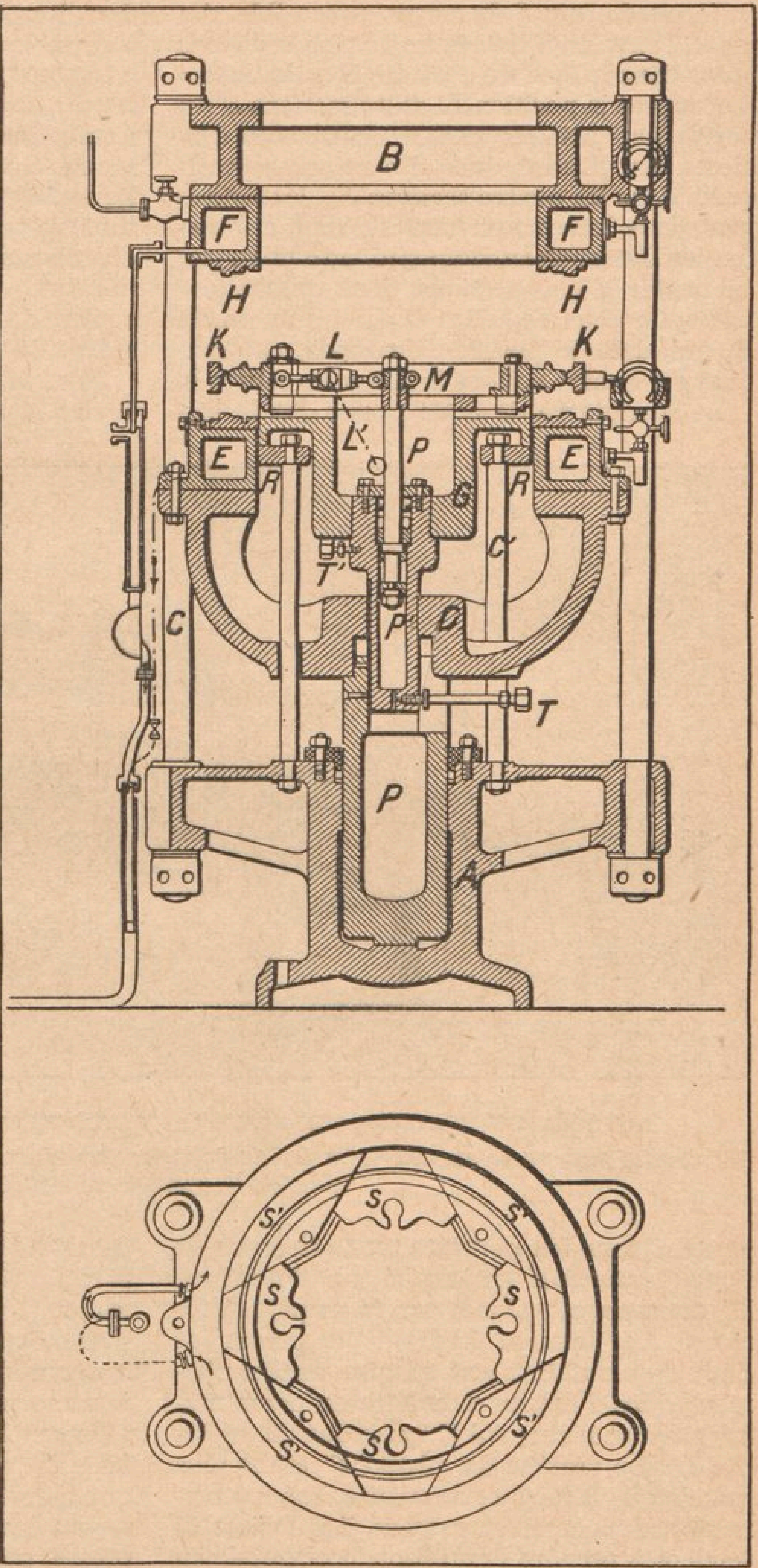


MACHINE DITE « BOUDINEUSE » SERVANT A FABRIQUER LES CHAMBRES A AIR

De cet appareil à grand rendement, la gomme sort dans les proportions nécessaires pour produire les chambres à air de toutes dimensions, pour vélos, motocyclettes et voitures, depuis la plus petite jusqu'à celle du pneu de 150.

chance de fuite ou d'éclatement. Il ne reste plus alors qu'à couper à la longueur voulue, à souder les deux extrémités l'une à l'autre, opération très délicate, à poser la valve et à vérifier encore une fois l'étanchéité. Enveloppe et chambre, pour se bien conserver, demandent à être enfermées dans un endroit obscur et sous une température modérée avant d'en faire usage.

Les pneumatiques de vélos, inventés par Dunlop, se font d'après des procédés beaucoup plus mécaniques, qui permettent une grande rapidité dans la fabrication. La toile, préalablement gommée, est débitée en bandes de largeur et de longueur convenables, la trame coupée à 45 degrés ; sur ces bandes, tendues sur des tambours de 650 à 700 millimètres de diamètre, on coud les tringles latérales et on pose ensuite les chapes en caoutchouc tirées à la calandre. L'enveloppe est, à ce moment, prête à passer à la presse spéciale qui, en une seule opération, conforme la carcasse enchapée, comprime et vulcanise dans un moule composé d'un noyau et de deux coquilles (photo à la page 69 et schéma ci-contre). Cette presse se compose d'un pot de presse *A* formant pied, sur lequel viennent se fixer quatre colonnes *C* supportant le plateau supérieur *B*. Sur la partie inférieure est boulonnée une plaque chauffante *F* sur laquelle on applique, en la fixant, une coquille *H* du moule. Le piston *P*, à manœuvre hydraulique, est surmonté d'une cuve en fonte *D*, qui reçoit, elle aussi, une plaque chauffante *E* sur laquelle est fixée la deuxième coquille du moule. L'intérieur du piston *P* sert de guidage à un deuxième piston *P'*, surmonté d'une cuvette en fonte *G* qui vient reposer sur un cercle *R* supporté par quatre colonnettes en acier *C'*. Un troisième piston à manœuvre hydraulique *p* est coiffé d'un collier *M*, relié par des leviers à cardan *L* aux quatre sections



VUE EN COUPE ET EN PLAN DE LA PRESSE A VÉLO

A, *pied de la presse ;* C, *colonnes supportant* B, *plateau supérieur ;* E, *plaque chauffante;* H, *coquille supérieure du moule ;* I, *coquille inférieure;* P, *piston soulevant la cuve* D *et la plaque chauffante* E*;* C', *colonnettes supportant le cercle* R *sur lequel s'appuie* G, *cuvette en fonte solidaire du piston* P'. *Un troisième piston* p, *coiffé d'un collier* M. L, *leviers à cardan ;* S, *noyau extensible ;* K, *cercle de fonte;* T T', *raccords d'admission de vapeur.*

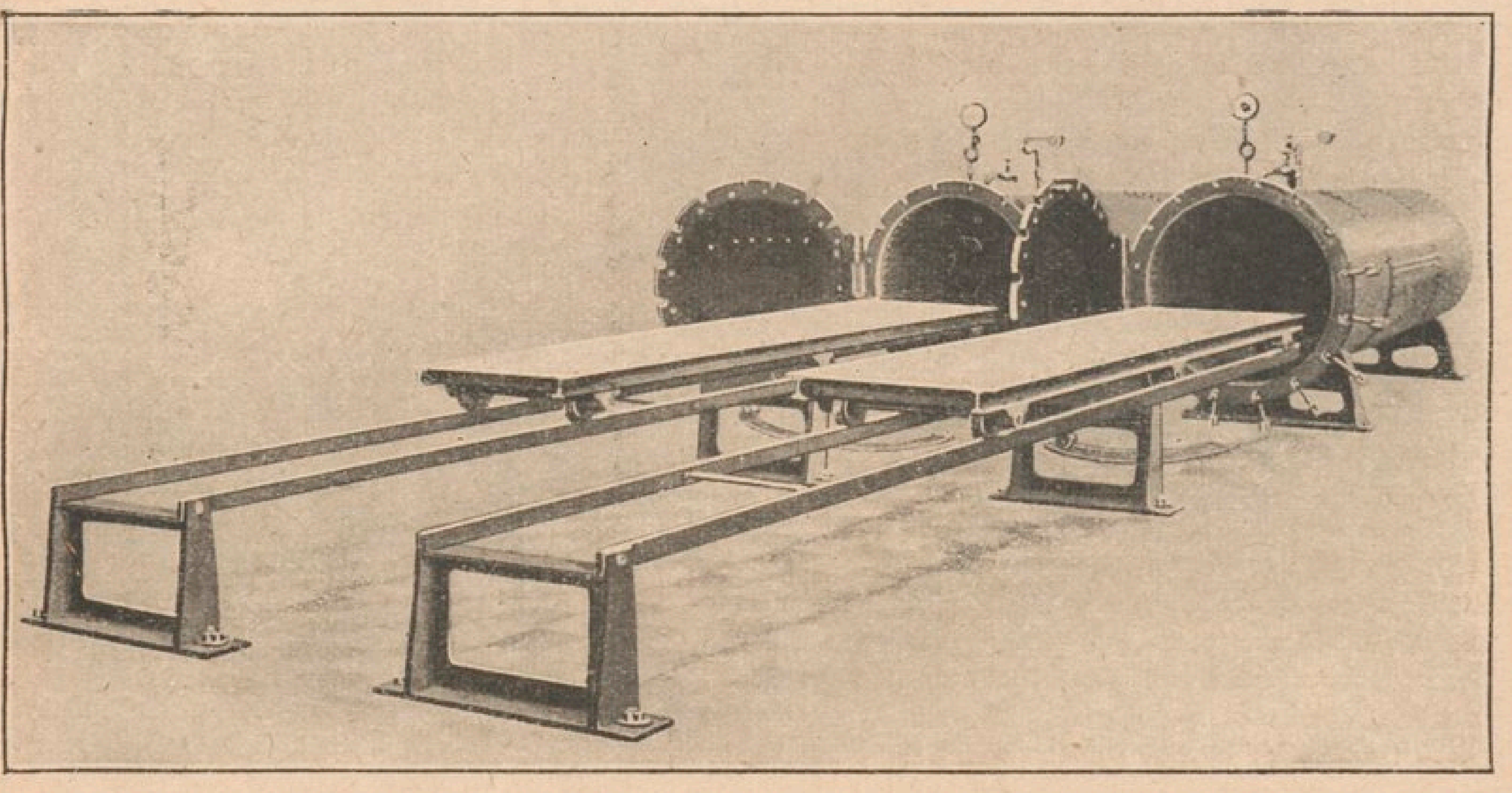
en forme de coin S du noyau extensible. Au repos, l'extrémité inférieure du piston p vient buter dans le fond du cylindre P' ; les leviers L occupent la position L' et les sections S du noyau sont attirées vers le centre. Ces dernières, en glissant dans des rainures pratiquées dans les quatre sections S', les entraînent dans leur mouvement de repli et d'extension. Le moule se compose donc d'un noyau extensible à huit sections, dont quatre motrices, de deux coquilles H I, et d'un cercle K, qui, dans la position de repos, est soutenu par quatre colliers fixés sur les colonnes.

La manœuvre de cette presse est la suivante : tous les pistons étant au repos, le noyau extenseur est replié sur lui-même. La carcasse est placée sur la coquille inférieure. La pression hydraulique provenant d'un accumulateur est admise continuellement dans l'espace annulaire en communication avec le raccord T''' puis dans le cylindre P'. La surface du piston P' étant plus grande que la surface annulaire, son mouvement ascensionnel se produit. Les leviers L' tendent à prendre la position horizontale en poussant les coins S S', et, par entraînement, la carcasse elle-même, qui s'applique sur le noyau. Quand cette position est obtenue, le galbage de l'enveloppe est terminé. La pression hydraulique est ensuite admise sur le piston A, qui s'élève avec la cuve D. La coquille inférieure I rencontre le noyau avec le cercle E et s'emboîte automatiquement dans les parties correspondantes. Puis, dans son mouvement ascensionnel continu, la cuvette G, le cylindre P', sont entraînés et le noyau, avec le cercle, viennent à leur tour s'emboîter dans la coquille supérieure H. Le moule étant fermé par la pression hydraulique, la cuisson de l'enveloppe se fait d'autant plus rapidement que les plateaux chauffants E et F restent toujours à la température de vulcanisation. La teneur en soufre du mélange doit permettre de terminer la cuisson en huit ou dix minutes.

Pour le démoulage, le distributeur du cylindre A est mis sur la vidange. Le piston descend et laisse, dans sa course, le cercle E et la cuvette supportant le noyau extensible; les organes occupent donc la position de notre figure, page 71. La partie annulaire communiquant avec le raccord T'' étant toujours sous pression, il suffit de mettre sur la vidange le distributeur qui communique avec T pour faire descendre le piston p qui entraîne les leviers et les sections du noyau dans leur position de repli. Une seule presse peut conformer et vulcaniser cinquante enveloppes par dix heures de travail.

Tels sont les différents appareils et procédés employés dans la fabrication des pneumatiques de voitures ou de vélos. Le constructeur Olier et les Ateliers Bergougnan nous ont fourni les documents qui nous ont permis d'illustrer cet article.

MAURICE REGALIER.



AUTOCLAVES HORIZONTAUX POUR LA VULCANISATION DES CHAMBRES A AIR

Un chariot plan roule sur des rails intérieurs et, après vulcanisation, sur des rails extérieurs, reliés par un tronçon de voie mobile.

COMMENT FONCTIONNE UN LABORATOIRE DE POLICE TECHNIQUE

Par le Docteur Edmond LOCARD

DIRECTEUR DU LABORATOIRE DE POLICE TECHNIQUE DE LYON

L'INTRODUCTION des méthodes scientifiques dans l'enquête criminelle est le fait le plus saillant de l'évolution actuelle du droit pénal. La psychologie expérimentale a montré combien le témoignage est une preuve faillible et quel avantage il y avait à lui substituer des arguments plus objectifs. Mais, pour découvrir dans chaque enquête criminelle des preuves indiciales, il est nécessaire d'organiser des laboratoires spéciaux, qui auront la charge de découvrir le criminel par ses traces et d'apporter à l'instruction le concours précieux de leurs recherches techniques.

LE DOCTEUR E. LOCARD

Cette tendance s'est manifestée dans la plupart des grands services d'identité judiciaire, comme ceux de Paris, de Londres, de Vienne. Ailleurs, comme à Lausanne et à Liège, ce sont des laboratoires universitaires qui remplissent ces fonctions. A Lyon (comme à Dresde, à Sao-Paulo, à Rome), existe un laboratoire spécial où l'on pratique toutes les recherches nécessitées par les enquêtes criminelles. On y applique les techniques imaginées par les policiers de laboratoire : Reiss, Bertillon, Stockis, les élèves de Lacassagne et de Lombroso, qui ont certainement réalisé plus de merveilles que n'en racontent les policiers de romans-feuilletons.

Voici comment, à Lyon, le laboratoire fonctionne. Dès qu'un crime est signalé, le chef de poste ou le commissaire du quartier avertit le laboratoire par téléphone. Pendant qu'un expert se rend aussitôt sur les lieux, le commissaire prévient le plaignant qu'il ne doit plus toucher ni déranger rien, et qu'il ne doit même plus accéder chez lui. Pour les affaires importantes, un agent est posté à l'issue du local pour empêcher quiconque de pénétrer. Le premier soin de l'expert arrivé sur le terrain est de fixer la disposition de la scène à l'aide du seul témoin qui ne trompe ni ne mente jamais, c'est-à-dire la photographie métrique. Il recherche ensuite toutes les traces qu'a pu laisser le malfaiteur. La plus usuelle est l'empreinte digitale. Car une main, même fraîchement lavée, laisse au contact de tout objet lisse une trace invisible qui peut être révélée à l'aide de colorants. On en trouvera sur les verres et les bouteilles, les coffres métalliques, les vitres, les panneaux, le bois poli, les papiers, etc...

D'autre part, on a eu soin de constituer au laboratoire une collection des empreintes digitales de tous les malfaiteurs de la région. Cette collection est classée de façon telle qu'il suffit de feuilleter un petit nombre de fiches pour trouver aussitôt l'empreinte cherchée. Or, il n'y a pas au monde deux empreintes semblables : elles diffèrent plus que les visages. Aussi peut-on, fréquemment, par la seule recherche dans le fichier, et par l'initiative du laboratoire, découvrir des malfaiteurs qu'aucun témoin n'a vus, que personne n'a dénoncés, mais qui ont seulement laissé une empreinte digitale sur le lieu du crime. C'est ce qui est arrivé pour le voleur dont les empreintes sont représentées aux figures 2 et 2 *bis* et qui avait brisé une vitre pour dévaliser un voisin.

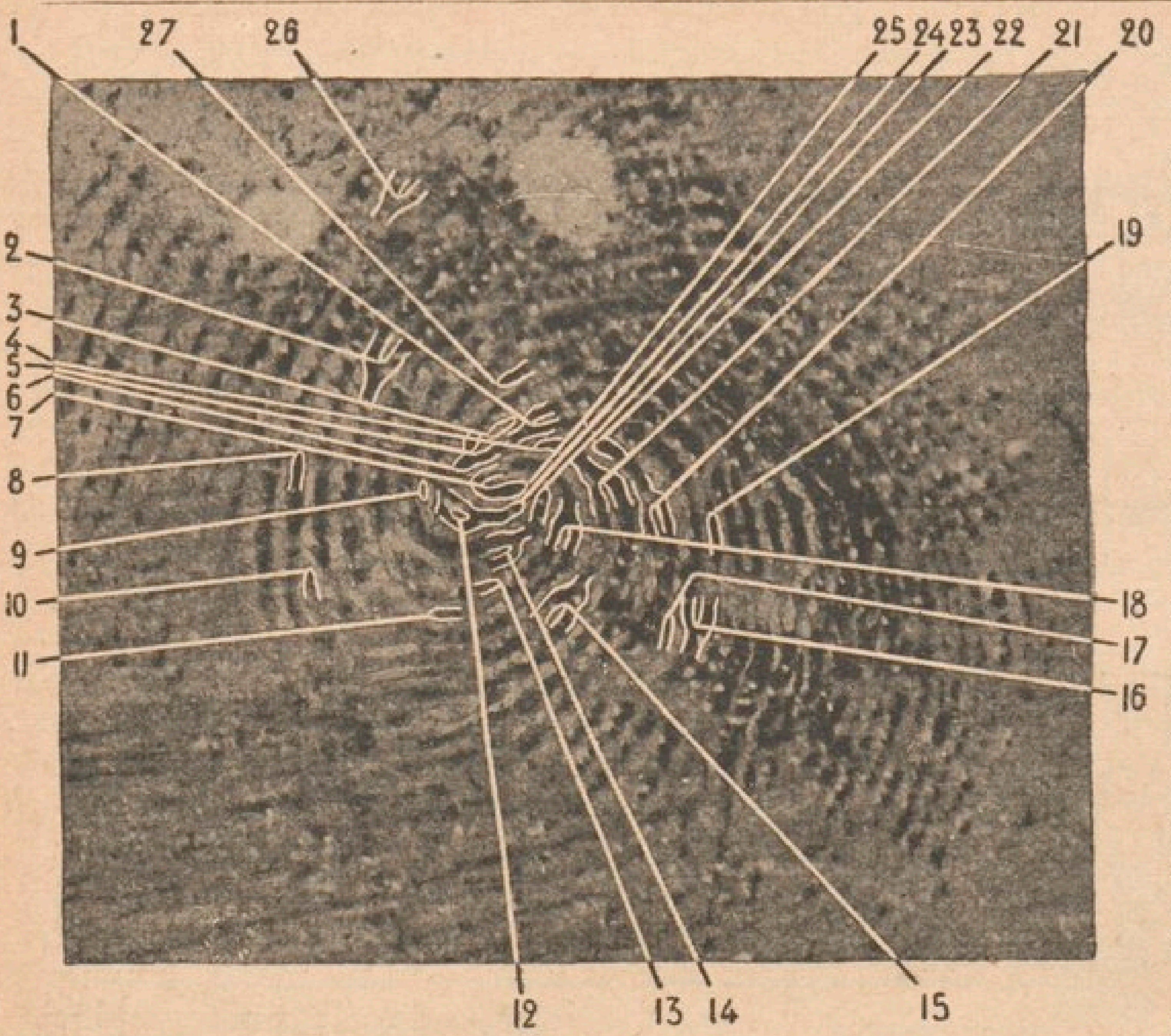


FIG. 2. — IDENTIFICATION D'UN VOLEUR PAR UNE EMPREINTE DIGITALE TROUVÉE SUR UN CARREAU BRISÉ

Cette empreinte, un peu floue, a été colorée au carbonate de plomb.

Avertis de ce danger, certains cambrioleurs se gantent. La figure 5 montre la trousse d'un voleur qui opérait ganté. C'est assez rare, car les effracteurs travaillant la nuit dans des locaux inconnus, ont besoin de toute la sensibilité de leurs doigts. Mais, surtout, c'est inefficace. Stockis, le premier, a fait voir que le gant n'est pas un obstacle absolu à la formation de l'empreinte. Et on verra, aux figures 3 et 3 *bis*, les dessins d'un récidiviste qui avait enveloppé ses doigts de linges et que j'ai identifié cependant par la trace de ses mains sur une bouteille, dans l'arrière-boutique d'un marchand de vins cambriolé. Et le cas est loin d'être unique.

Parfois, l'empreinte est si petite, qu'on ne trouve pas assez de points de repère pour l'identifier. Il reste la ressource d'en faire de très forts agrandissements microphotographiques et d'y rechercher les traces des orifices sudoripares. On peut, à l'aide de leurs formes caractéristiques et de leurs dimensions très variables, identifier utilement des traces de deux ou trois millimètres carrés. Les figures 4 et 4 *bis* montrent une superbe empreinte de voleur sur un meuble en bois de rose, avec plusieurs centaines de pores parfaitement discernables.

La jurisprudence est maintenant bien établie en ce qui concerne la preuve par les empreintes. La cour d'assises du Rhône et les tribunaux correctionnels de la région condamnent constamment sur cette preuve unique, à condition que les traces soient suffisamment nettes pour permettre à l'expert de conclure avec une certitude entière.

Les traces de pas sont relativement rares pour les crimes commis dans les villes. Au dehors, elles sont extrêmement importantes. Les procédés de moulage varient suivant les terrains. Il faut obtenir les moindres détails de la semelle, les rayures des clous, etc... La figure 6 montre une

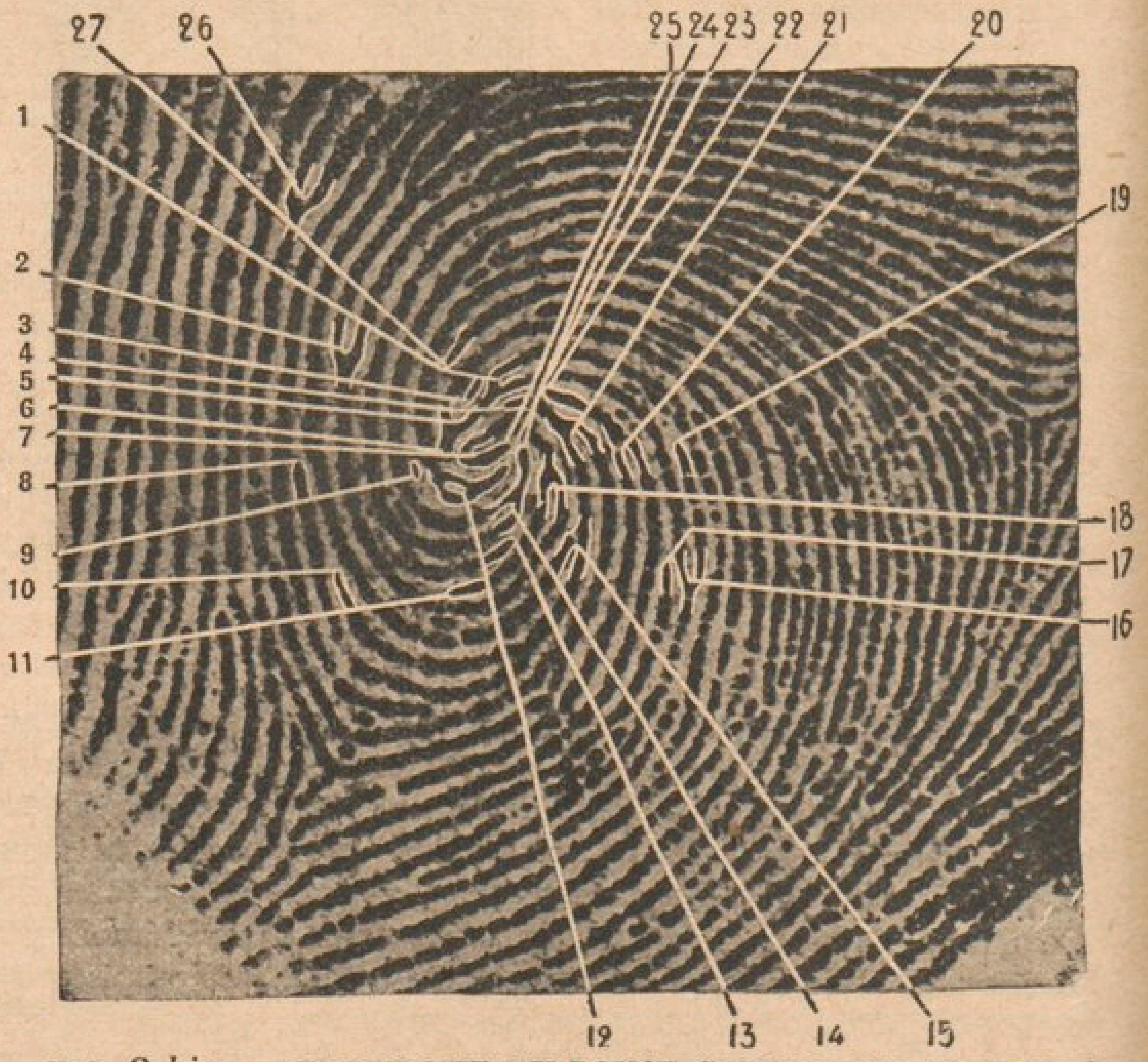


FIG. 2 *bis*. — EMPREINTE DU POUCE GAUCHE DU COUPABLE

Les traits et les chiffres indiquent les points caractéristiques des deux dessins, qui sont absolument identiques.

semelle de caoutchouc moulée dans de la poussière particulièrement fine à l'aide d'une technique nouvelle. Il s'agissait d'un contrebandier qui a été suivi à la trace.

D'autres fois, on trouve des traces de pieds nus, qui s'identifient comme celles des mains, ou des empreintes de talonnettes de caoutchouc. Il est plus rare d'avoir affaire à des traces de dents. On verra à la figure 7 la marque des incisives d'un jeune vaurien, qui, dévalisant une pâtisserie, enfonça ses dents dans un gâteau à la crème de marrons et fut identifié par cette trace. J'ai retrouvé aussi un cambrioleur grâce à la marque de ses incisives dans une motte de beurre. Les traces d'ongles peuvent également fournir des indications très précieuses

L'examen des débris que recèle tout ongle de malfaiteur, peu accoutumé aux raffinements de l'art des manucures, donne au policier des indications extrêmement importantes. C'est sous l'ongle que l'assassin gardera le plus longtemps des croûtelles de sang; c'est sous l'ongle que l'agresseur ou le violateur conserveront un débris pileux arraché à la victime; c'est là encore que des fils tirés des vêtements auront pu se fixer. C'est là enfin qu'adhèrent des poussières qui permettront de dire où a passé l'individu suspect. C'est ainsi qu'après un vol avec escalade, j'ai trouvé sous les ongles d'un voleur le cambouis d'un câble par lequel il s'était laissé glisser dans l'atelier d'un orfèvre. Le curage des ongles doit toujours être la première opération pratiquée après l'arrestation d'un suspect.

La poussière des vêtements n'est pas moins signalétique. En brossant la veste d'un individu, il est possible de dire, par le seul examen des poussières, d'où il vient et ce qu'il a fait. Il y a ainsi ce que j'ap-

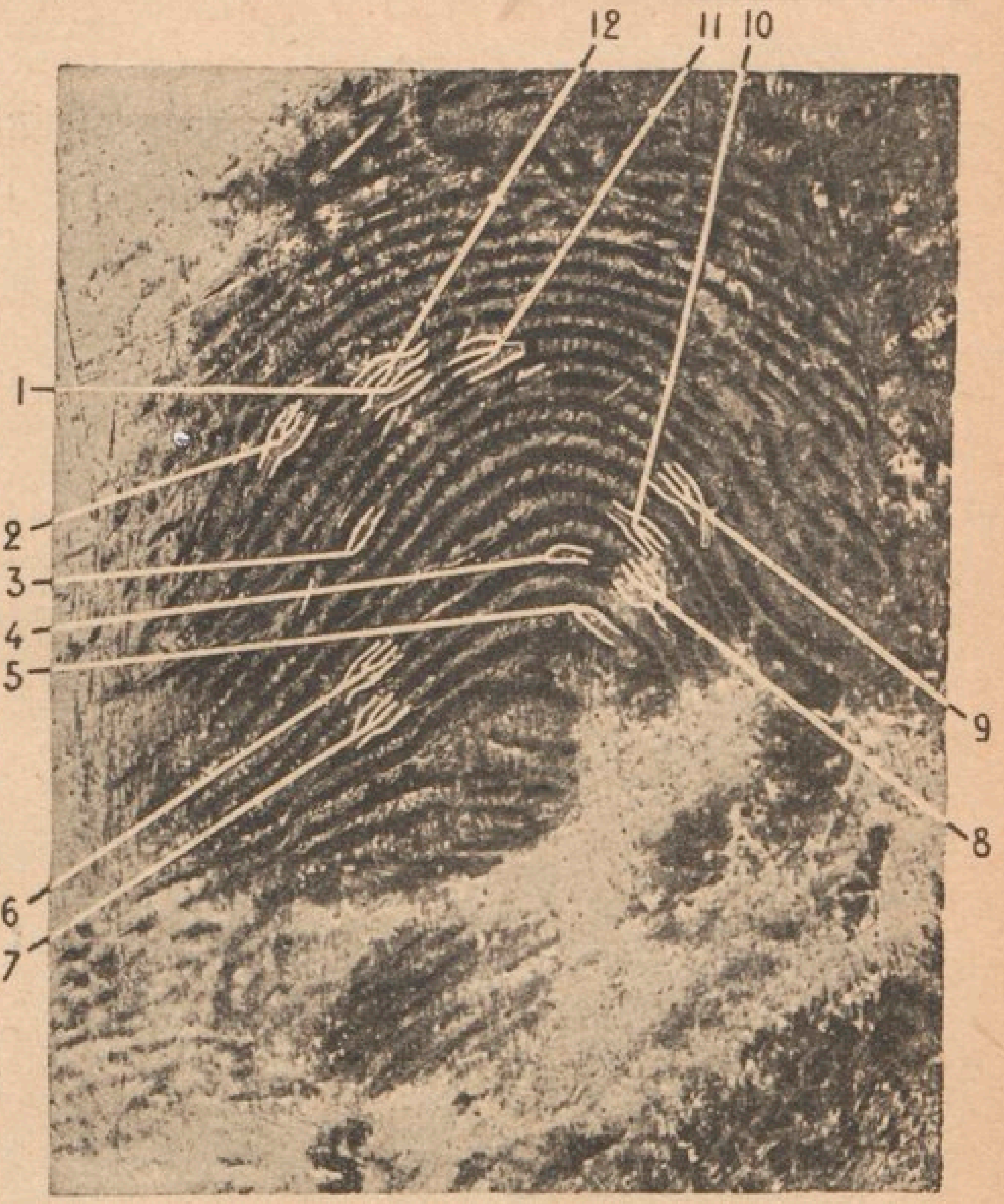


FIG. 3. — IDENTIFICATION D'UN VOLEUR GANTÉ AU MOYEN DE SES EMPREINTES DIGITALES

Ci-dessus, la trace laissée, malgré les linges dont le malfaiteur s'était enveloppé les doigts, sur une bouteille abandonnée par lui.

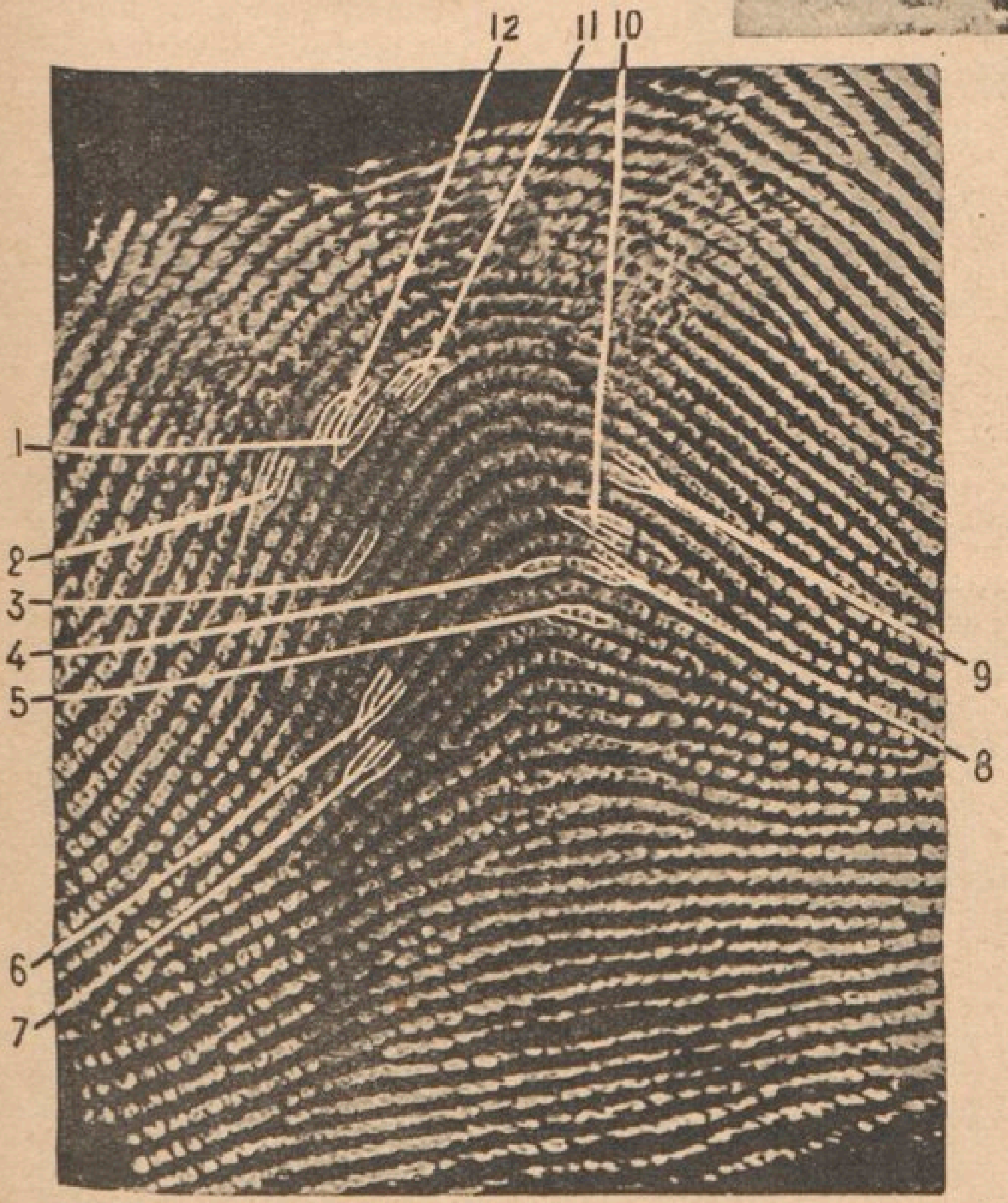


FIG. 3 *bis*. — L'EMPREINTE DU MÉDIUS DU VOLEUR

On remarque l'identité absolue des deux dessins.

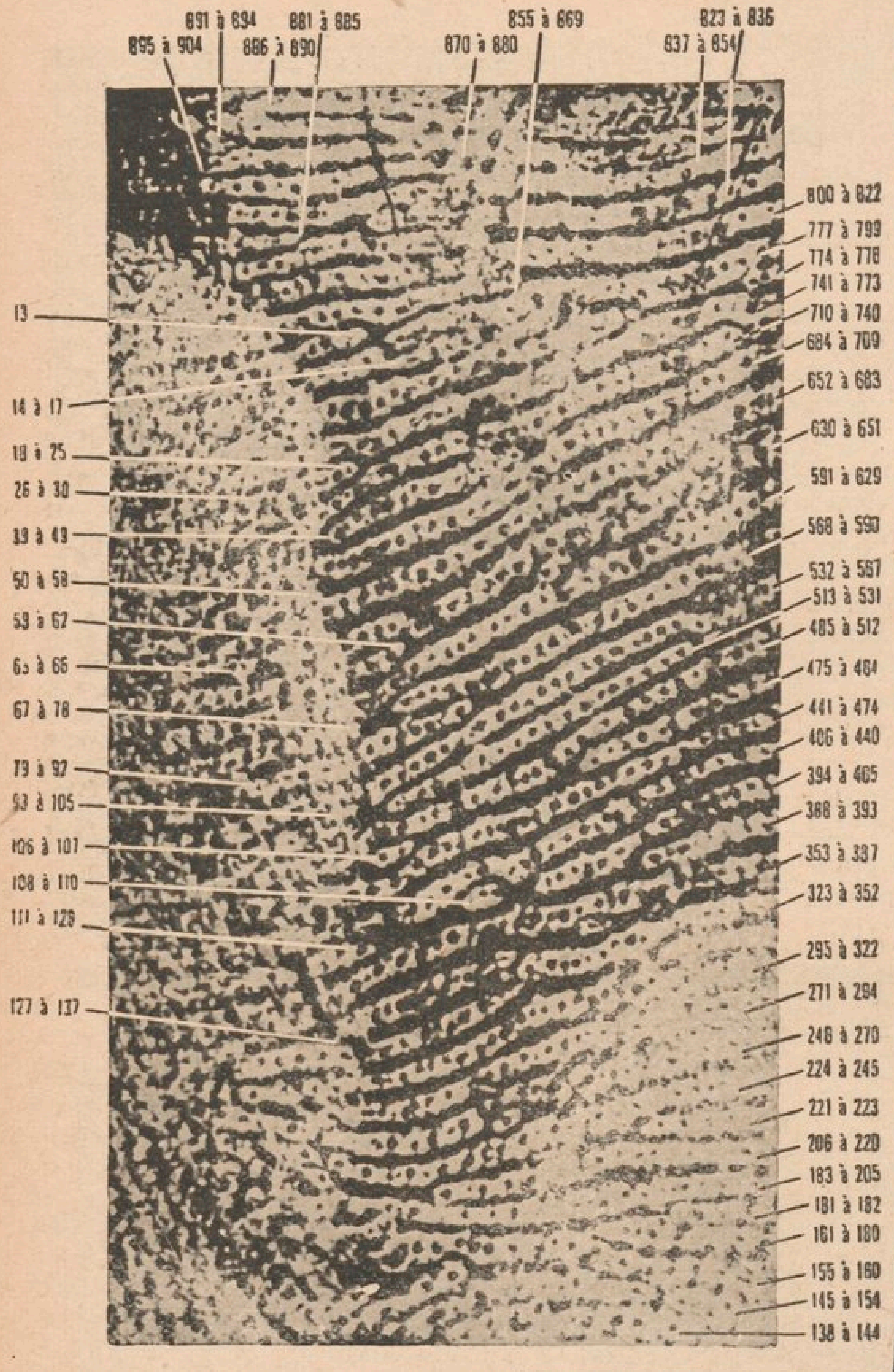


FIG. 4. — IDENTIFICATION D'UN MALFAITEUR PAR LES PORES DE LA PEAU (AGRANDISSEMENT MICROPHOTOGRAPHIQUE)

Empreinte relevée sur un memble en bois de rose à la suite d'un vol avec effraction commis dans la région lyonnaise. Le coupable a été identifié non seulement par les repères habituels, mais par la comparaison des orifices sudoripares. Cette trace révélatrice avait été préalablement colorée au carbonate de plomb. (Voir, pour la comparaison de l'empreinte ci-dessus avec l'empreinte correspondante du doigt du malfaiteur prise après son arrestation, la figure 4 bis, *à la page suivante).*

pellerai les *poussières professionnelles*, comme il y a des déformations professionnelles. En recueillant les débris qui imprègnent la manche d'un forgeron ou d'un serrurier, on trouvera autre chose que sur le vêtement d'un pharmacien ou la blouse d'un maçon. L'application de ce principe donne, en criminalistique, les résultats les plus efficaces. En brossant un faux-monnayeur, on peut extraire assez de poussières métalliques pour montrer qu'il a d'autres occupations que son métier apparent. On a même pu établir de quels métaux il se servait et dans quelles proportions.

Dans la chambre où gît la victime, le meurtrier abandonne sa veste. L'expert s'en empare, l'enferme dans un sac de papier, le bat longuement, puis recueille les poussières accumulées au fond du sac. Le microscope y discerne une abondance de minuscules morceaux de bois : le coupable est donc menuisier ou charpentier. Mais on trouve aussi quantité de petits fragments de colle; c'est donc l'hypothèse

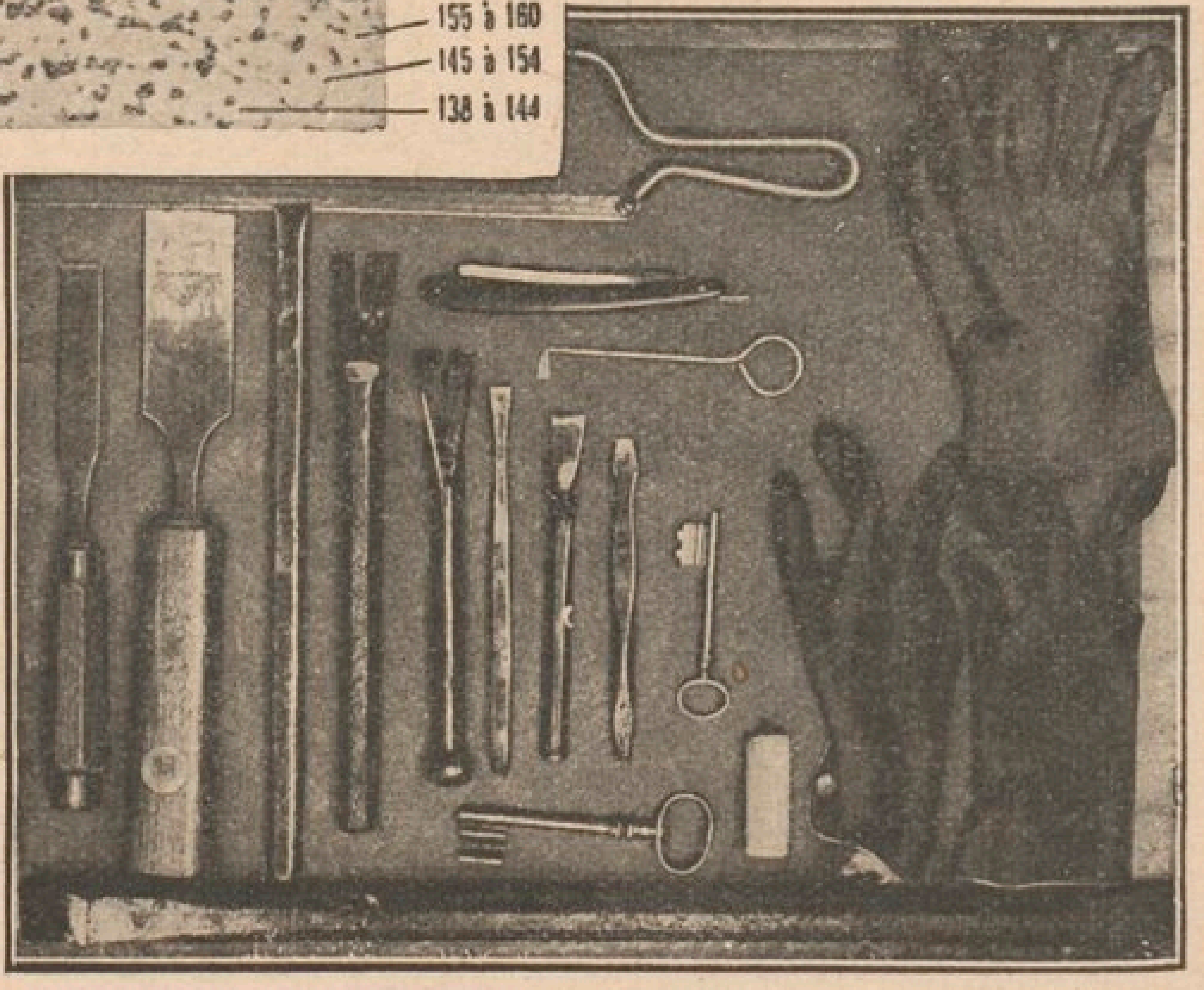


FIG. 5. — TROUSSE DE CAMBRIOLEUR, AVEC GANTS

du menuisier qui est la bonne. Quelques heures plus tard le criminel est découvert.

Sherlock Holmes démasque les voleurs par l'examen des taches de boue. Méthode excellente, hors même des romans anglais, et qui, dans la réalité, donne les plus heureux résultats. Un vol est commis dans un moulin. La victime accuse un voisin, qui présente un alibi. On examine aussitôt les chaussures du suspect. Sous la semelle, entre deux couches de boue desséchée, qui représentent l'aller et le retour, est une mince tranche de poussière blanche, mélange de farine et de son. L'alibi est controuvé, et la preuve bien près d'être faite. Dans une autre affaire, le voleur a caché de l'argent volé dans un ruisseau : le prévenu a sous la semelle deux couches de boue entre lesquelles est intercalée une mince tranche de sable très fin, provenant du lit du ruisseau.

Les poussières des poches sont les plus intéressantes : on y trouve le résumé succint de tout ce que l'homme a fait quand il portait ce vêtement. On y pourra découvrir d'infimes traces sanglantes après un meurtre, alors que toutes les taches auront été soigneusement lavées par le coupable. De même, et mieux encore dans la rainure des couteaux.

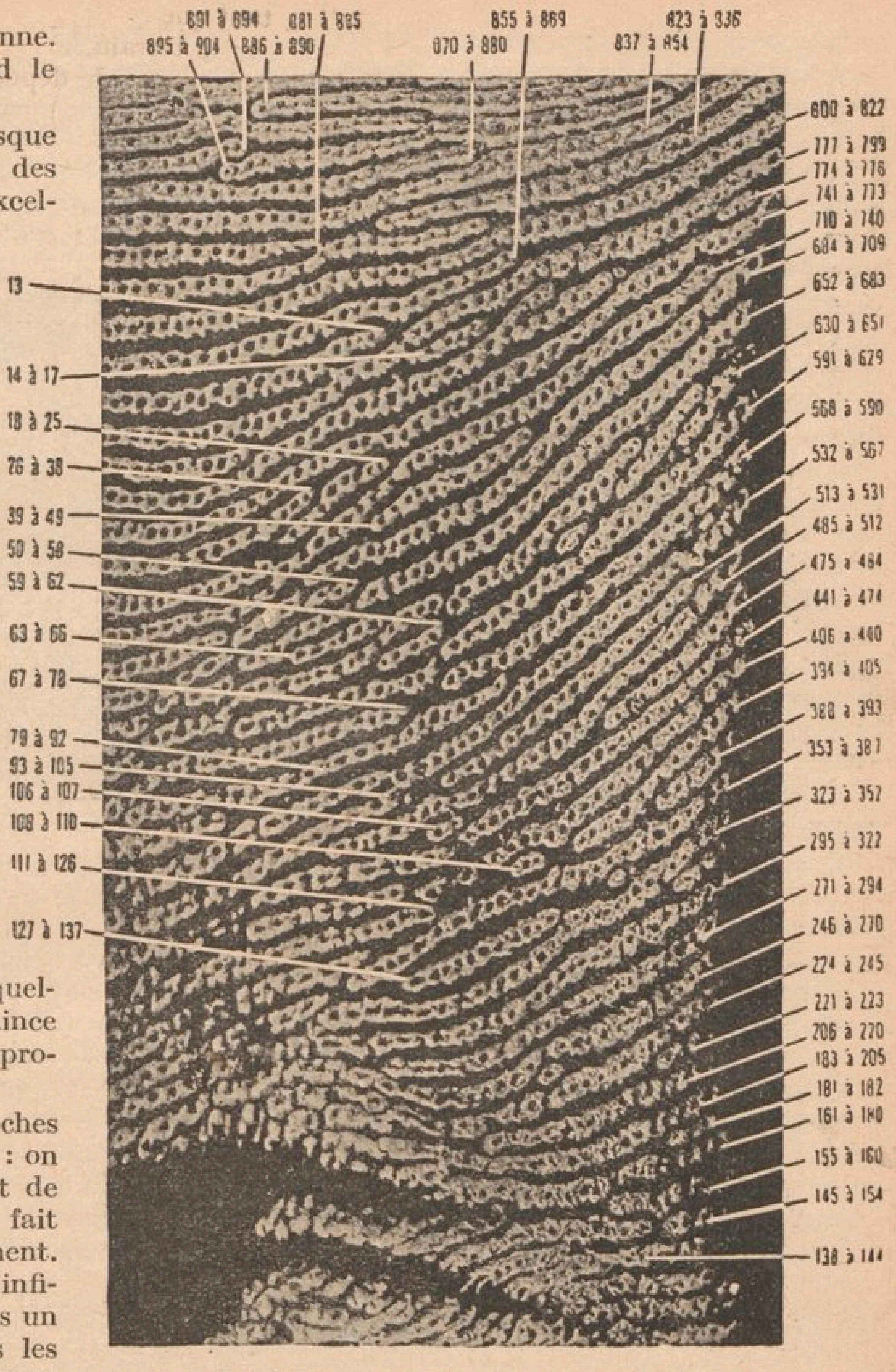


FIG. 4 *bis*. — IDENTIFICATION PAR LES PORES
Le médius gauche du voleur, dont l'empreinte (fig. 4) avait été relevée sur le meuble en bois de rose. On discerne très exactement 904 pores sur l'une et l'autre figures.

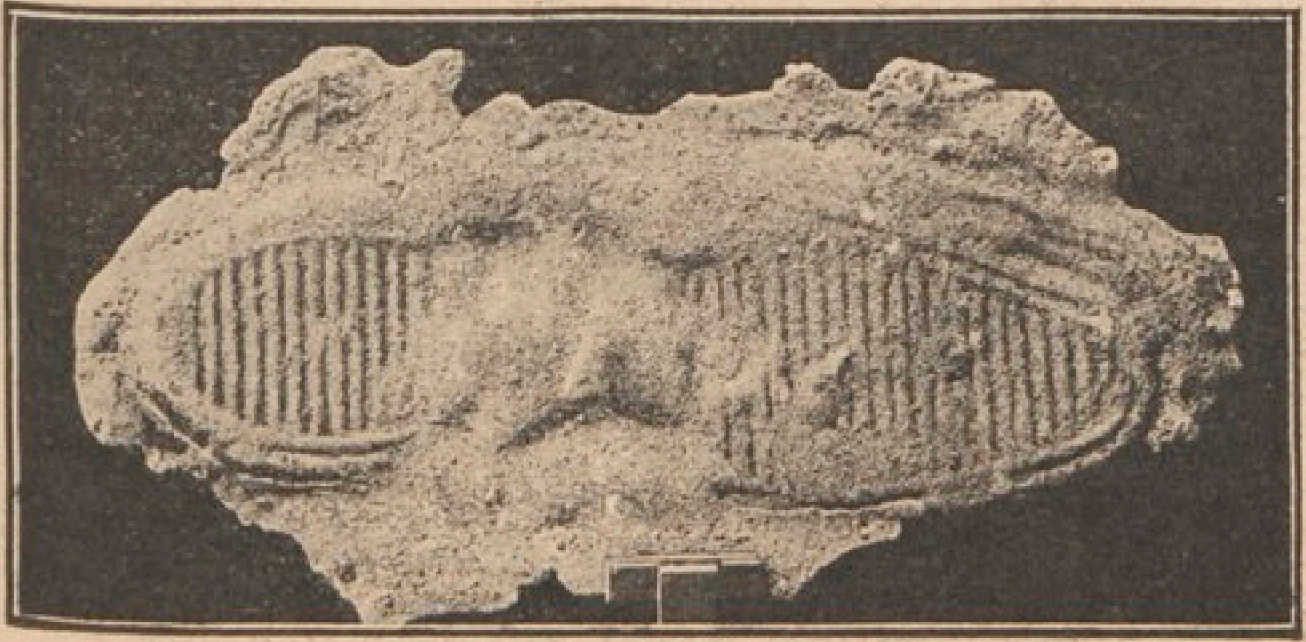


FIG. 6. — MOULAGE D'UN PAS DANS LA POUSSIÈRE

Un seul débris contenu dans la poussière peut constituer la clef du problème criminel. On trouve un mort dans la campagne, un couteau planté dans le cœur. Ceux qui le découvrent, plus soucieux de porter secours que de ménager les indices, piétinent si bien le terrain que nulle trace de pas ne peut plus se lire. Les recherches, d'autre part, n'aboutissent à rien. Quelques jours plus tard, dans un lot de

vagabonds raflés par une ronde, un chemineau arrive au laboratoire. Une maculature sanglante de sa veste attire l'attention. Sur sa manche, on voit un de ces grains ailés comme en ont les pissenlits. Mais ce n'est point une graine aussi banale. L'examen microscopique fait reconnaître une composée relativement rare dont une touffe était à deux pas du cadavre, et dont le fruit, porté par le vent, est venu s'accrocher au vêtement de l'agresseur pendant la lutte. Ce détail, d'apparence infime, résout le problème : l'assassin est pris et il ne lui reste plus qu'à avouer.

FIG. 7. — EMPREINTE DE DENTS LAISSÉE PAR UN JEUNE VOLEUR DANS UN GATEAU A LA CRÈME DE MARRONS

Dans une autre affaire, un homme avait eu le crâne fendu par un coup de sabre. On examine les armes des cavaliers de la garnison : on ne découvre ni sang, ni ébréchure caractéristique, mais, sur l'une, un petit morceau d'herbe. Pressé de questions, le cavalier reconnaît bientôt son crime. Il avait, après le coup, essuyé son arme dans l'herbe.

Les effracteurs superstitieux croient que tant que quelque chose laissé par eux restera sur le terrain, ils ne seront pas pris. De là, la coutume de déposer ce que Reiss appelle élégamment une carte de visite odorante. Un individu s'introduit dans une maison inhabitée : il vole à l'étage supérieur et y laisse la plus malpropre trace de son passage. Au premier, il vole encore, mais, n'ayant plus le moyen de placer un nouveau porte-bonheur, il décide d'en laisser au moins une imitation. Il se sert pour cela de mastic abandonné là par les vitriers. Mais cette matière, essentiellement plastique, garde de multiples et superbes empreintes digitales, et c'est par là que le voleur ne tarde pas à être pris.

A l'occasion d'un vol commis dans une pharmacie lyonnaise, la perquisition montra que l'un des fauteurs avait jugé convenable de laisser la trace dont nous parlons. Il avait ensuite déchiré une grande feuille de papier gris qu'il avait abandonnée sur le plancher. Le papier portait donc de nombreuses em-

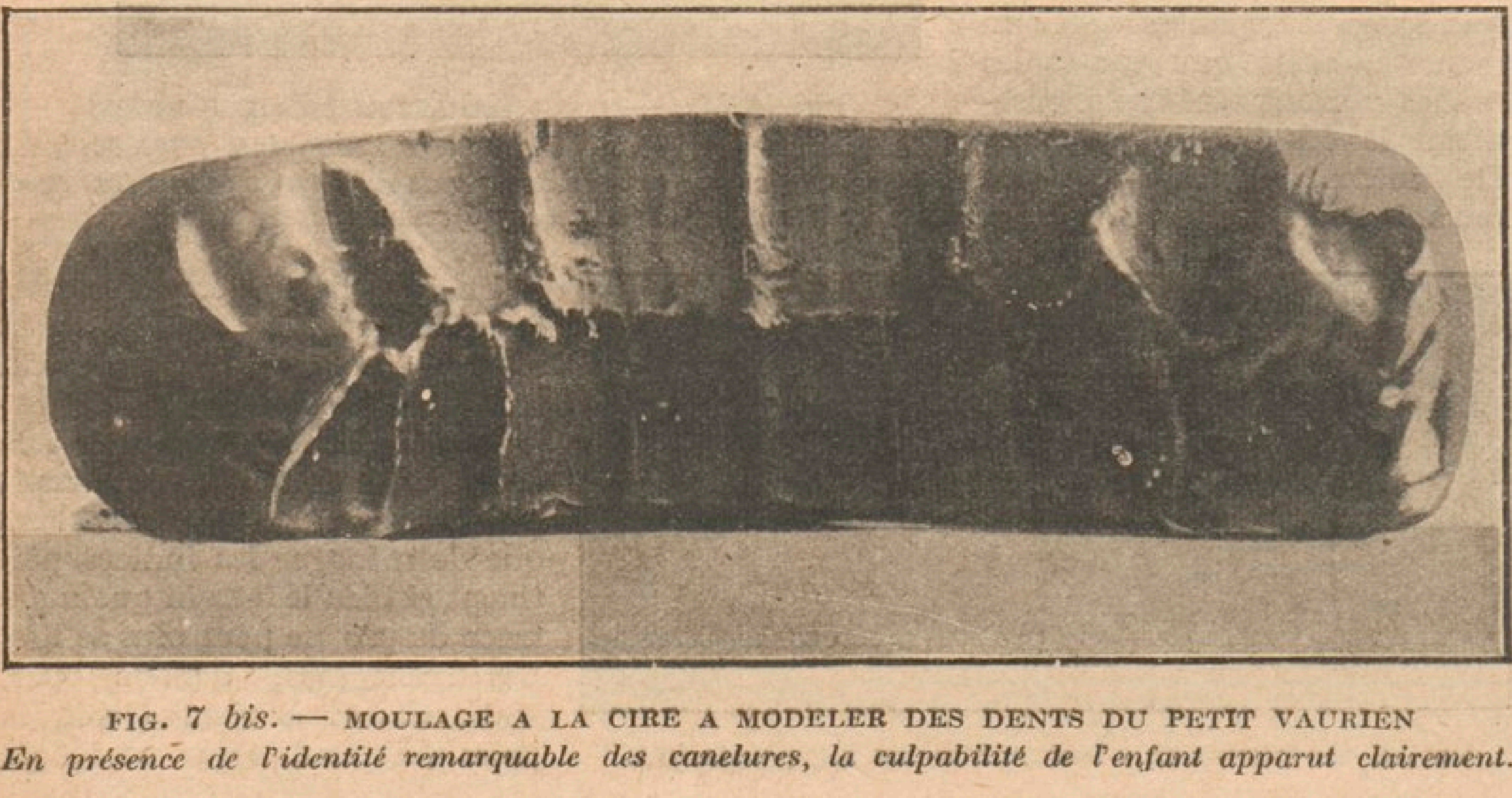


FIG. 7 *bis*. — MOULAGE A LA CIRE A MODELER DES DENTS DU PETIT VAURIEN
En présence de l'identité remarquable des canelures, la culpabilité de l'enfant apparut clairement.

preintes digitales, même sur les parties qui n'avaient pas subi d'autres contacts inesthétiques. Un de mes préparateurs colora les traces digitales au noir animal, fit des recherches dans les collections d'empreintes du laboratoire et trouva le coupable.

Très fréquemment, les voleurs laissent sur le terrain la trace de leur mode d'éclairage. Ce peut être un bon moyen de les identifier. Reiss trouve sur le pupitre-caisse d'un magasin cambriolé des traces de stéarine. L'endroit étant un peu sombre, pour mieux examiner les traces il demande une bougie. Un garçon en trouve une au vestiaire des livreurs, dans la poche d'un de ses camarades. Reiss constate que le bout de bougie porte des traces marquant qu'elle a été collée : ces traces s'adaptaient d'une façon absolue à celles trouvées sur le tiroir caisse. Dans un vol commis à Montélimar, j'ai pu identifier le coupable grâce à un petit fragment d'empreinte digitale très net dans une tache de bougie restée sur un bougeoir improvisé. C'est cette démonstration que représentent les figures 8 et 8 *bis*.

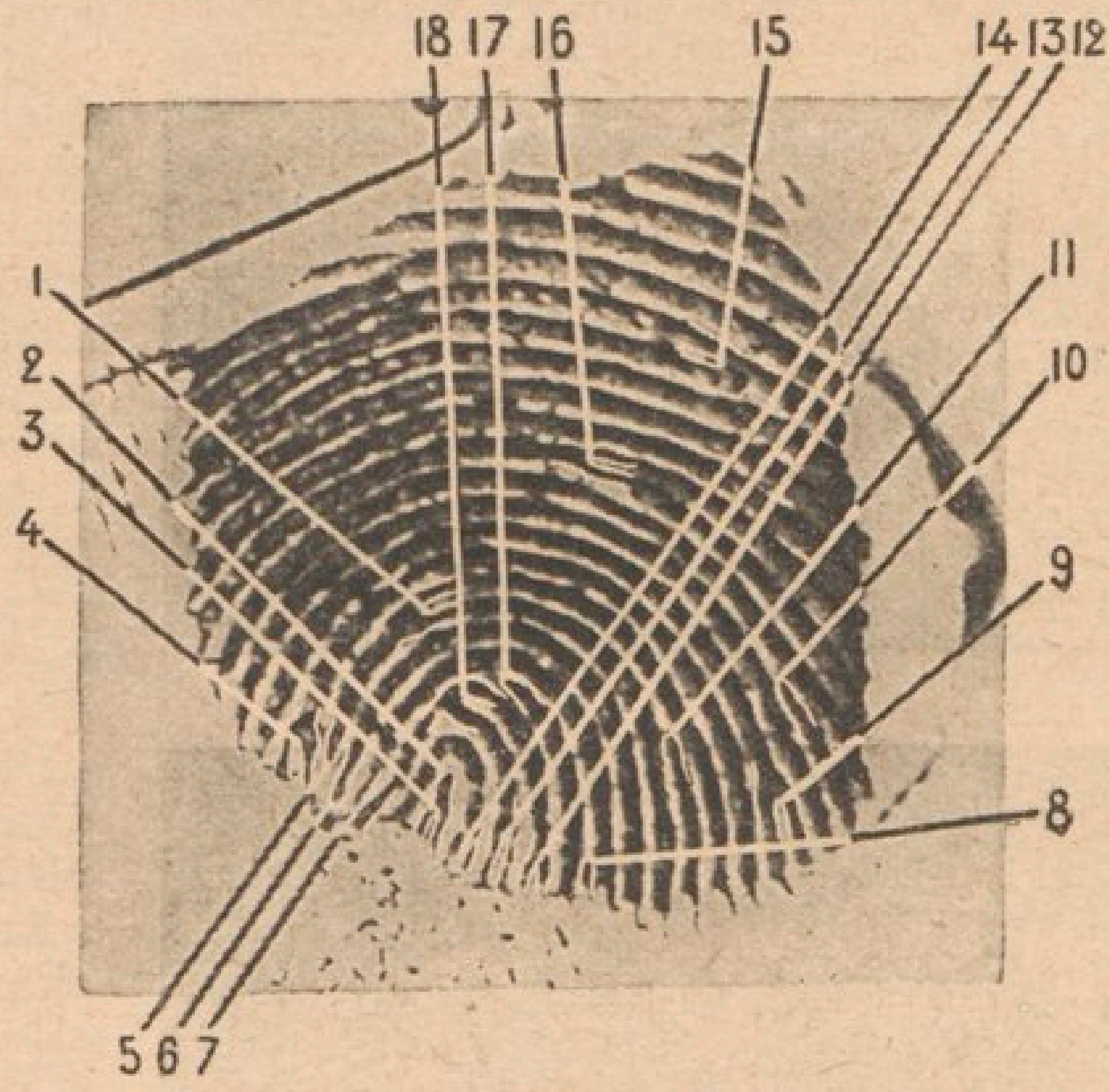


FIG. 8. — PHOTOGRAPHIE D'UNE TACHE DE BOUGIE LAISSÉE PAR UN VOLEUR

Le doigt n'a marqué qu'une empreinte fragmentaire, mais très nette, dans la stéarine.

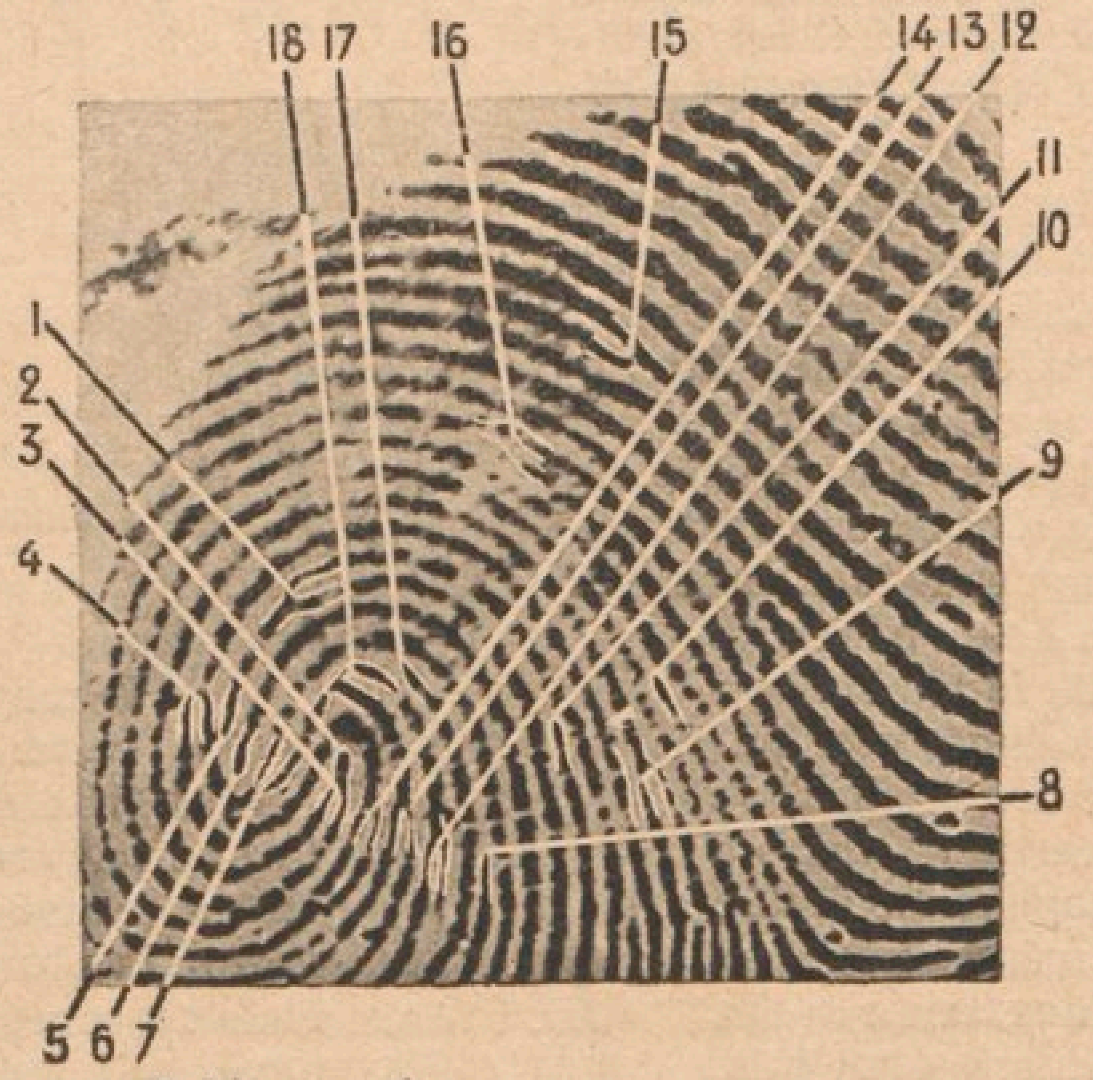


FIG. 8 *bis*. — L'INDEX DROIT DU COUPABLE

Il est identifié par 18 points de repère.

Quant aux traces de vêtements, elles sont d'une importance capitale. En effet, le contact de l'étoffe produit des empreintes dans la poussière : on reconnaîtra de cette façon que le malfaiteur avait des gants de fil ou de laine, des espadrilles ou des chaussons, etc... La trace laissée sur un marbre poussiéreux par les côtes d'un veston de velours m'a aidé à identifier l'auteur d'un assassinat commis aux environs de Tournus. Dans une autre affaire, un voleur franchissant le mur d'une villa tombe sur les genoux ; il portait un pantalon de velours, mais un des genoux était rapiécé avec une étoffe à côtes beaucoup plus serrées. Il laissa, grâce à ce détail, des traces caractéristiques qui permirent de le découvrir aisément (Voir fig. 9). Ailleurs, le genou de l'agresseur s'empreint dans le sang qui couvre la chemise de la victime, au niveau de l'épaule ; le dessin, très net, de l'étoffe du pantalon rend l'identification du criminel possible.

L'effraction laisse des traces dont l'analyse doit être minutieusement pratiquée. Le moulage à la cire des empreintes d'instruments et leur agrandissement photographique permettent de reconnaître les différences microscopiques qui caractérisent chaque instrument effracteur, et, notamment, les fines denticulatures que l'usage imprime au tranchant d'un ciseau à froid, par exemple.

La trace du chalumeau oxhydrique ou oxyacétylénique peut, également, prêter à de curieuses identifications. On trouve un matin le coffre-fort de l'usine Singer, à Lyon (machines à coudre) ouvert au chalumeau. Quelques jours plus tard, un notaire d'une ville voisine vient se plaindre que son coffre avait été ouvert aussi. Il a des soupçons très précis, qui semblent fondés en raison, sur un de ses clients qui, légataire universel grevé

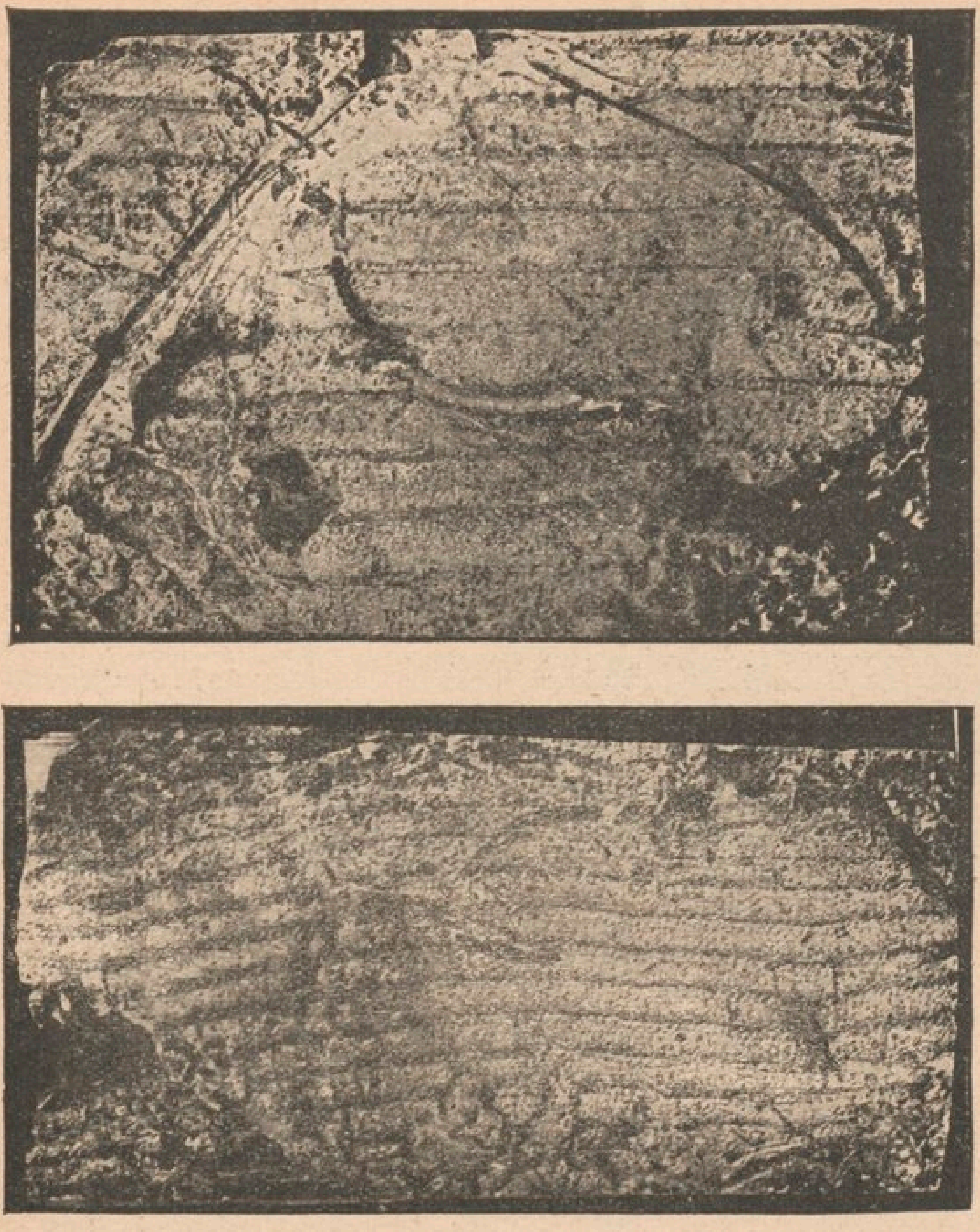


FIG. 9. — EMPREINTES DANS LA TERRE DES GENOUX D'UN MEURTRIER PORTANT UN PANTALON DE VELOURS

Le genou droit (photo inférieure) était rapiécé avec un velours à côtes plus serrées, et cette particularité permit d'identifier le malfaiteur, qui niait.

de notables legs particuliers, avait déposé la veille, le montant de ses legs et les aurait criminellement récupérés pendant la nuit. Mais l'ouverture du coffre présente la plus frappante analogie avec l'effraction de l'usine Singer. Il vient alors à la pensée de l'expert d'étudier s'il y a quelque constance dans le tracé du chalumeau dans le métal pour une main donnée. Les expériences montrèrent qu'en effet le chalumeau dessine dans le fer des lignes oscillantes, et que l'amplitude des oscillations est fonction d'un certain nombre de constantes anatomophysiologiques, c'est-à-dire reste la même pour un opérateur donné. Quelque temps après, l'effracteur de l'usine Singer était pris. L'identification des traces de chalumeau le fit inculper de l'autre crime, dont il fut, peu de temps après, reconnu l'auteur.

L'examen des traces permet souvent de découvrir des simulations de cambriolage. Un individu logé en garni chez une fruitière avait volé le contenu d'un tiroir-caisse chez sa logeuse. Pour faire croire à une effraction, il avait enfoncé la porte faisant communiquer sa chambre avec l'allée. Mais, en examinant les lieux, on découvrit que, pour arracher la gâche du verrou, on avait pris soin d'abord de la dévisser partiellement. En effet, d'une part, les têtes de vis présentaient dans leur rainure les marques fraîches dues au contact du ciseau, marques dont les échappées se continuaient sur la gâche et jusque sur le plâtre du mur; et, d'autre part, les pas de vis ne contenaient aucun débris de bois, ce qui se produit toujours dans l'arrachement. L'effraction de la porte faisant communiquer la chambre garnie avec le magasin était, au contraire, on ne peut plus véritable.

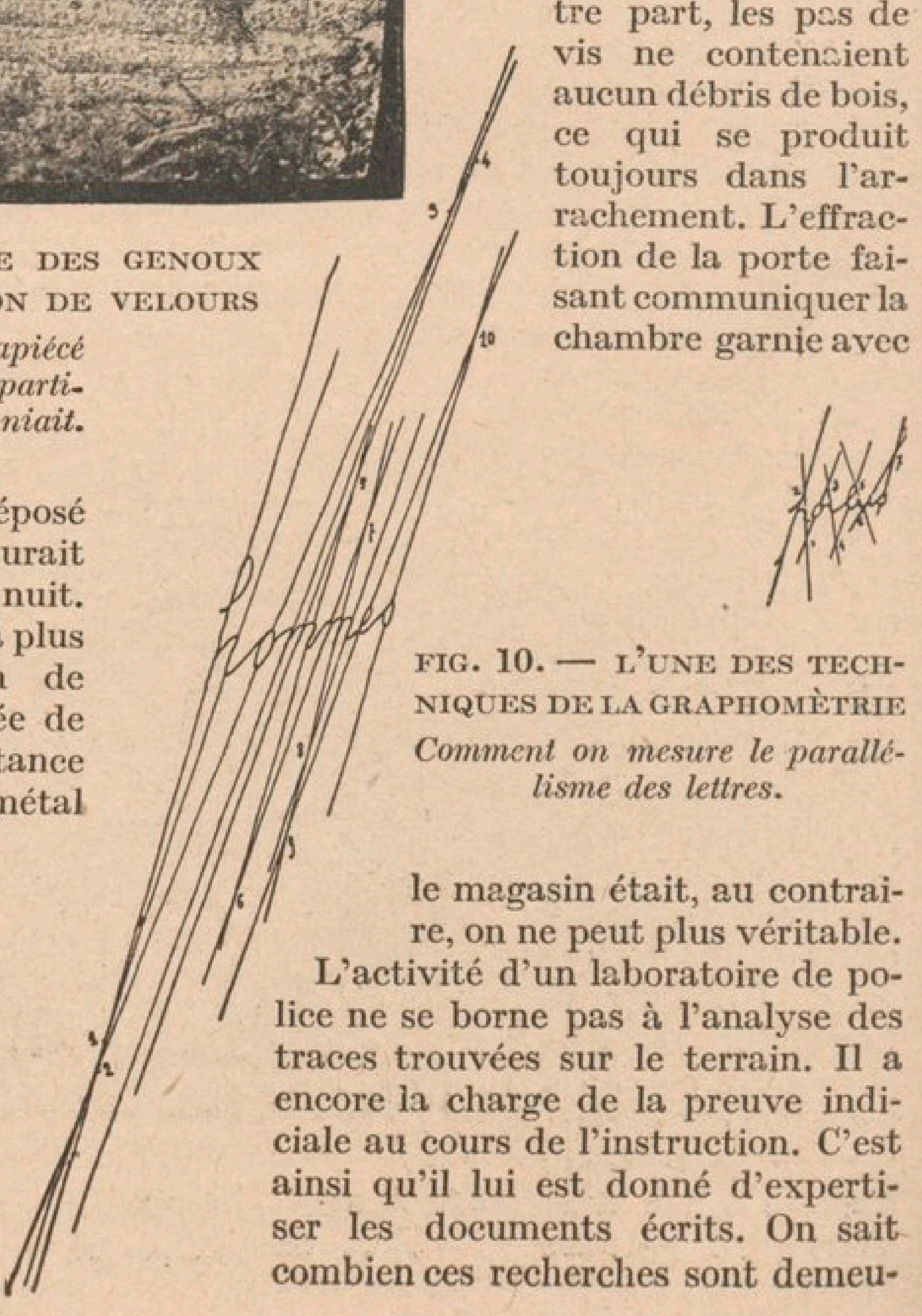


FIG. 10. — L'UNE DES TECHNIQUES DE LA GRAPHOMÈTRIE

Comment on mesure le parallélisme des lettres.

L'activité d'un laboratoire de police ne se borne pas à l'analyse des traces trouvées sur le terrain. Il a encore la charge de la preuve indiciale au cours de l'instruction. C'est ainsi qu'il lui est donné d'expertiser les documents écrits. On sait combien ces recherches sont demeu-

FIG. 11. — VERSO D'UN CHÈQUE QUI AVAIT ÉTÉ MAQUILLÉ PAR UN FAUSSAIRE
La mention du reçu avait été grattée au canif, surchargée de barres à l'encre violette et le tout recouvert d'un papier collé. Grâce à d'habiles manipulations, qui demandèrent un temps assez long, le texte effacé put être révélé, comme le montre la photographie.

rées longtemps conjecturales et en quelle défaveur elles ont été justement tenues après de retentissants insuccès. C'est que l'expertise en écriture avait presque constamment été faite sans règle, sans préparation et sans compétence, alors qu'elle comporte une technique, d'ailleurs délicate, qui s'élabore depuis quelques années. Lorsqu'il s'agit de surcharges et de grattages, on peut dire que, dès à présent, nul faux ne peut passer inaperçu. La figure 11 montre l'exemple d'un chèque de mille francs dont une partie déjà était payée ; mais le créancier malhonnête avait gratté le reçu inscrit au verso, l'avait barré à l'encre violette, et, craignant de n'avoir pas encore assez fait, il avait collé une bande de papier par-dessus. Un fort éclairage par transparence supprima l'obstacle du papier surajouté, pendant qu'une instillation de sulfure jaune d'ammonium faisait remonter les traces d'encre noire et que la plaque photographique, insensible au violet, annulait la surcharge des barres ; ainsi put-on lire un reçu de huit cents francs.

Quand il s'agit de faux par imitation ou par déguisement, l'opération est plus délicate. Il ne faut tenir aucun compte des formes des lettres, qui est précisément ce que le faussaire a songé à altérer, mais il faut étudier une série de caractères plus intimes qui se peuvent mesurer et comparer, comme l'écartement progressif des lettres du commencement à la fin des mots, le nombre des coupures par mots, la valeur proportionnelle des dépassantes, etc. Tout cela, représenté par des courbes, des diagrammes et des indices constitue la graphométrie. La figure 10 en donne un exemple : c'est la mesure du parallélisme grammatique dans deux écritures, par la hauteur moyenne d'intersection des axes littéraux.

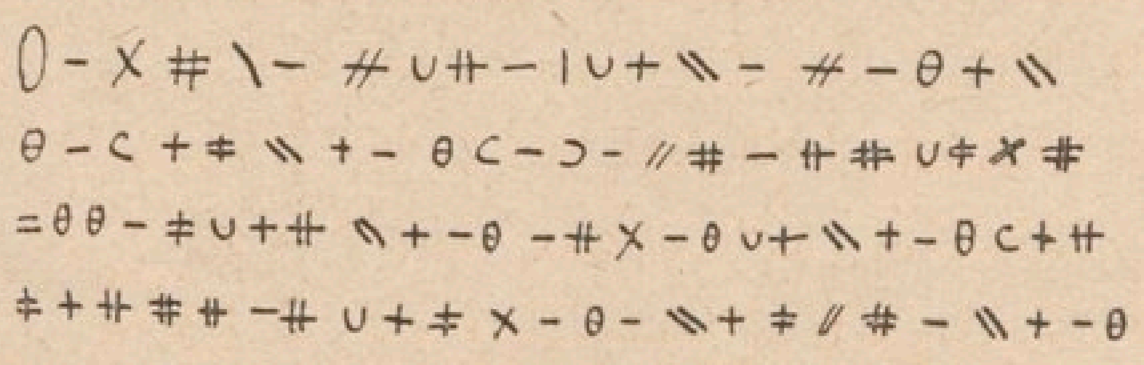


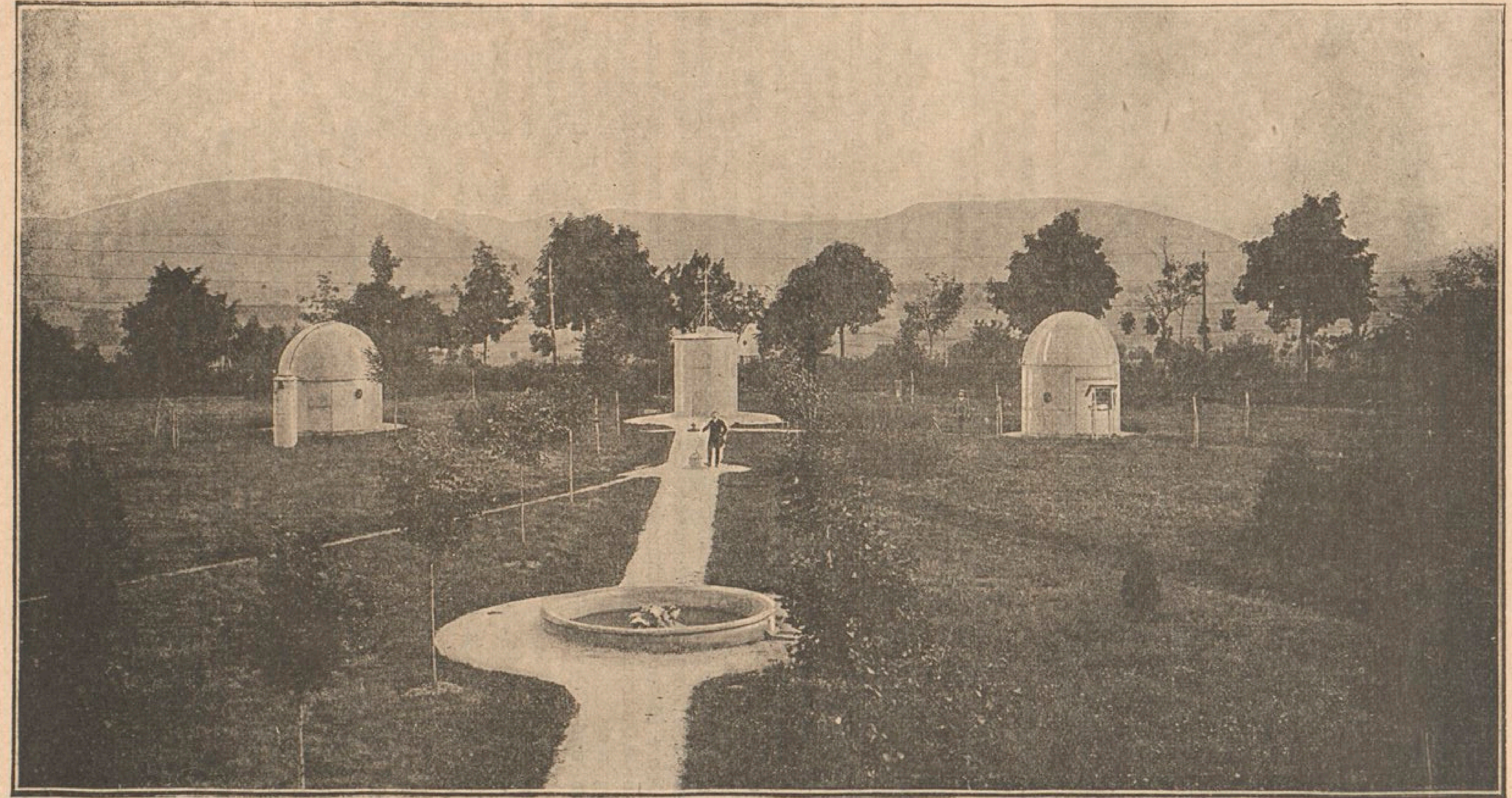
FIG. 12. — CRYPTOGRAMME SAISI SUR LA COMPLICE D'UN MALFAITEUR ET DÉCHIFFRÉ

C'est encore au laboratoire que se révèlent les encres sympathiques et que se déchiffrent les écritures secrètes. La figure 12 montre un cryptogramme saisi sur la complice d'un voleur arrêté. La fréquence du signe — montre qu'il s'agit de la lettre E ; les règles des séquences font admettre que les trois dernières lettres constituent le groupe *ien.* On lit alors aisément : *Le juge va te faire venir ; ne dis rien de ce que tu as vu. On ne sait rien, et je n'ai rien dit. Si tu te tais, je ne risque rien.*

Il suffirait qu'il y eût en France huit laboratoires régionaux pour qu'aucune affaire criminelle ne fût instruite sans que les indices n'aient été cherchés. Peut-être alors y aurait-il moins de crimes impunis, car cela donnerait à réfléchir aux malfaiteurs.

EDMOND LOCARD.

VUE PARTIELLE DE L'OBSERVATOIRE CHRONOMÉTRIQUE DE BESANÇON



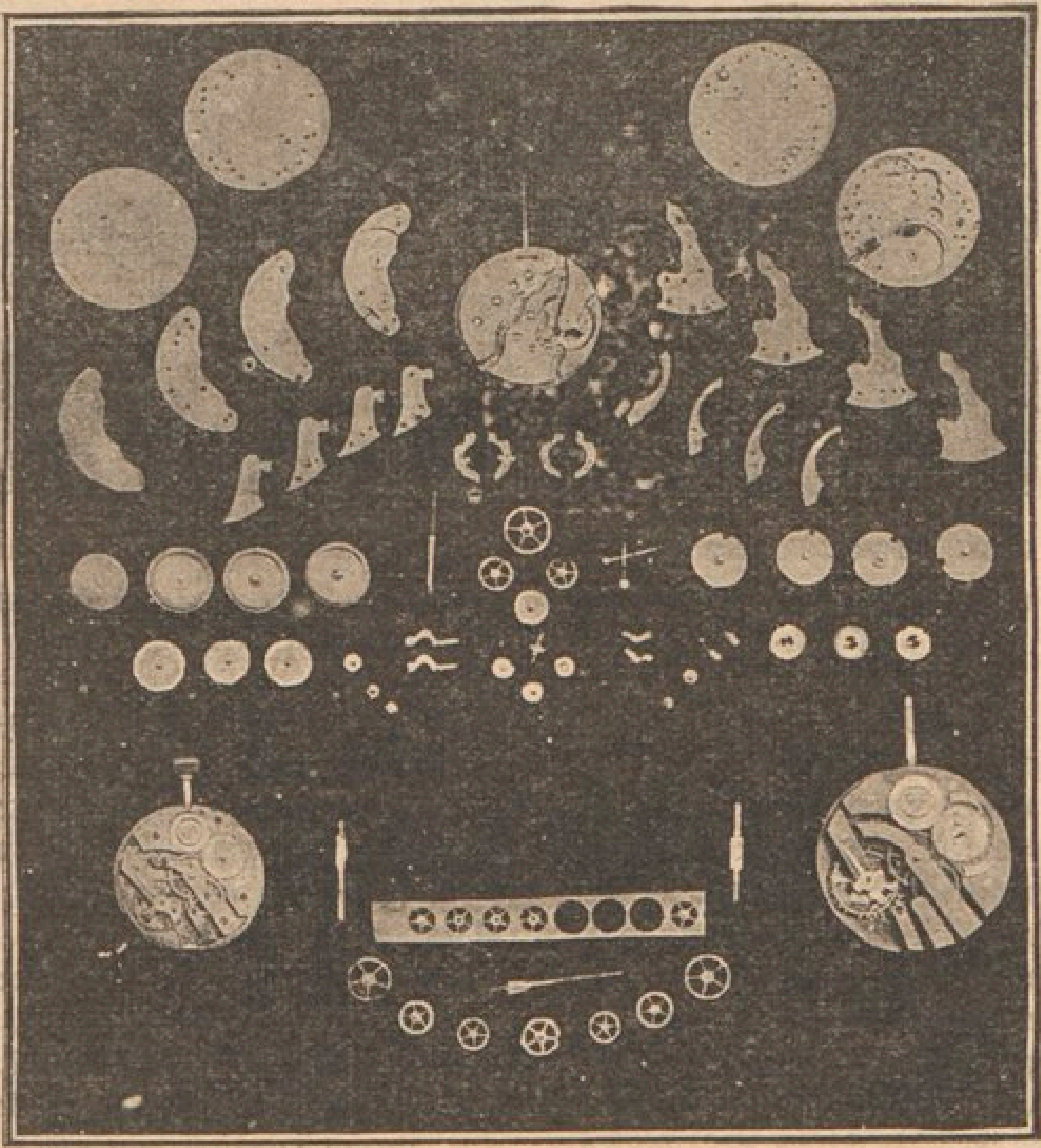
Cet établissement bien spécial, créé pour venir en aide aux fabriques d'horlogeries bisontines, comprend une dizaine de constructions isolées les unes des autres dans un parc assez spacieux : pavillon de l'équatorial coudé et salle chronométrique, bureau pour le personnel administratif de l'Observatoire, habitation du directeur, etc... Les montres de précision y sont soumises à des traitements divers et à des épreuves de vérification d'assez longue durée, à la suite desquelles on délivre pour chacune d'elles, s'il y a lieu, un certificat constatant la régularité de sa marche.

LA FABRICATION DES MONTRES EXIGE DES MÉCANICIENS ÉMÉRITES

Par Jacques BOYER

L'INVENTION des premières « horloges de poche » remonte à la fin du XV[e] siècle, mais depuis lors, que de métamorphoses ne subirent-elles pas, que de perfectionnements réalisés dans leur délicat mécanisme, que de régularité apportée dans leur marche !

Autrefois, un horloger établissait quelques douzaines de montres par an ; la fabrique Elgin (Etats-Unis), actuellement la plus vaste du monde, en fabrique plus de 6.000 par jour, et cela avec un personnel de 5.000 ouvriers ! De son côté, l'industrie horlogère suisse se développa à la suite de l'invention par le Neufchâtelois Lutz, d'une méthode de fabrication des spiraux en acier trempé. A peu près vers la même époque, l'échappement libre à ancre entrait dans la pratique courante, grâce aux perfectionnements successifs qu'y apportèrent l'Anglais Mudge, le Genevois Pouzait et l'ingénieur Leschot.



PARTIES CONSTITUTIVES DU MOUVEMENT DES MONTRES DANS L'ORDRE DE FABRICATION

L'ébauche la plus fruste se compose d'une cinquantaine de pièces, y compris les vis, et exige environ 600 opérations que se chargent d'exécuter, avec précision mathématique, 450 machines diverses.

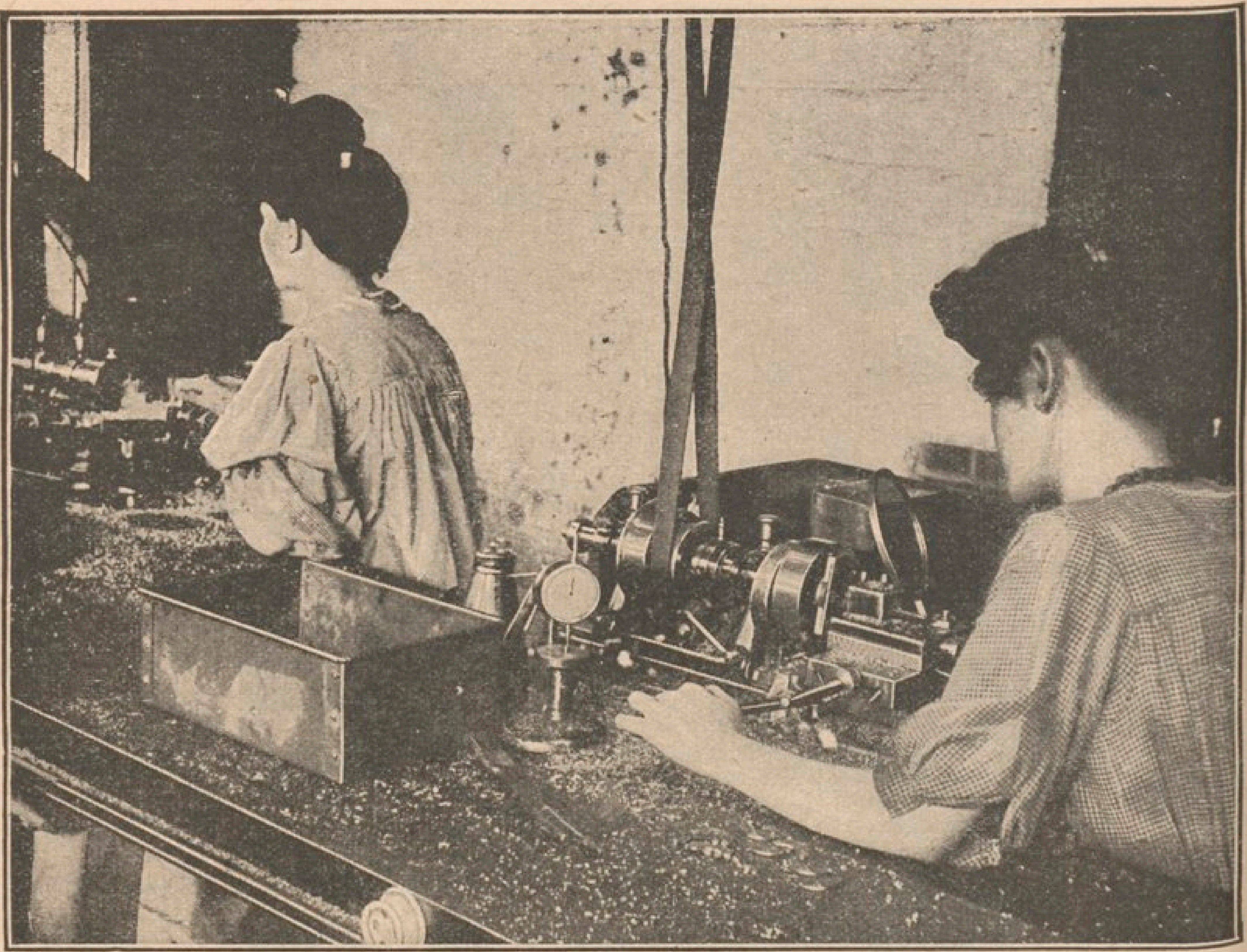
L'horlogerie suisse a pris aujourd'hui un extraordinaire essor, puisqu'elle fait plus de 200 millions d'affaires annuellement.

Besançon la concurrence, mais encore de très loin, quoique ses fabriques fournissaient, avant la guerre, 450.000 montres par an, représentant une valeur de plus de 20 millions de francs, soit les quatre cinquièmes des transactions horlogères de la France entière.

Aujourd'hui, bien qu'il existe encore certains établissements demandant aux fabriques d'ébauches de leur livrer, d'après leurs plans, des mouvements demi-bruts, qu'ils achèvent dans leurs ateliers ou qu'ils donnent à terminer au dehors à des ouvriers travaillant chez eux, ce système disparaît de plus en plus devant l'immense usine où il entre seulement des matières premières brutes qui en sortent transformées en mouvements revêtus de leurs boîtes. Là, presque tout s'opère mécaniquement. On y fabrique automatiquement les balanciers compensateurs, on y sertit à la machine jusqu'aux rubis et aux pierres fines.

La montre moderne se compose de deux parties principales : le *mouvement* et la *boîte* protectrice, dont nous étudierons séparément le fonctionnement et la fabrication.

En principe, le *mouvement* d'une montre actuelle comprend un *ressort* moteur enfermé dans un *barillet* et un certain nombre de *roues*



LES OUVRIÈRES PROCÈDENT TOUT D'ABORD A L'OPÉRATION DU CALIBRAGE

Elles commencent par creuser mécaniquement les pièces d'ébauche, puis elles calibrent soigneusement la profondeur des creusures au dixième de millimètre.

et de *pignons* de réduction ; l'ensemble se trouve enserré entre deux *platines*, dont l'une est souvent remplacée partiellement ou en totalité par une série de *ponts*. Ces derniers rendent aisé le démontage des pièces isolées, mais ne présentent pas la solidité du premier système, qui supprime automatiquement les jeux d'assemblage. Du reste, on découpe les ponts comme les platines, au moyen de puissantes presses, dans des bandes de laiton préalablement forgées, laminées et recuites.

Une fois les platines et les ponts découpés, ils arrivent dans l'atelier des *ébauches*. Là, on les tourne d'épaisseur, on les perce d'une multitude de trous, on y ménage des « noyures » où se logeront les roues, on taraude les filets des vis, on fraise pour obtenir des profils déterminés et on adoucit les engrenages ou les surfaces. La plupart de ces machines nécessitent des conducteurs, mais, dans certaines fabriques suisses, elles marchent automatiquement. On apporte les pièces à tailler dans un magasin, l'instrument se charge de lui-même, et quand le magasin s'épuise, une sonnerie électrique avertit l'ouvrière, qui apporte une provision nouvelle. Citons, comme merveille du genre, la machine à tailler les pignons de la grande fabrique de montres Oméga, à Bienne, machine dont les mouvements se trouvent réalisés à l'aide d'excentriques et de cames. On emmanche le pignon à tailler entre deux contre-pointes, dont l'une est calée sur un arbre portant un compteur diviseur. Celui-ci comporte autant de divisions que le pignon devra avoir d'ailes. La machine est pourvue de trois fraises marchant à 2.000 tours par minute, et le pignon avance de trois centièmes de millimètre par tour. La première fraise fend le pignon, la seconde le taille à la forme voulue, la troisième rectifie le profil des ailes. Une seule ouvrière surveille une dizaine de ces instruments, et sa fonction se borne à remplacer la pièce terminée par une autre, car la machine s'arrête automatiquement après l'achèvement de chaque pignon, et, au bout de quinze secondes, elle est prête à repartir. Comme l'usine en question possède dix-huit de ces machines, et que chacune d'elles taille quotidiennement 360 pignons, deux femmes

LE « PIVOTAGE » DES ÉCHAPPEMENTS EST UN TRAVAIL TRÈS DÉLICAT

L'échappement constitue la partie essentielle de la montre; il régularise le mouvement du barillet transmis aux aiguilles par les jeux de roues et de pignons.

un peu expérimentées suffisent à assurer la fabrication de 6.500 pignons, quantité nécessaire pour plus d'un millier de montres.

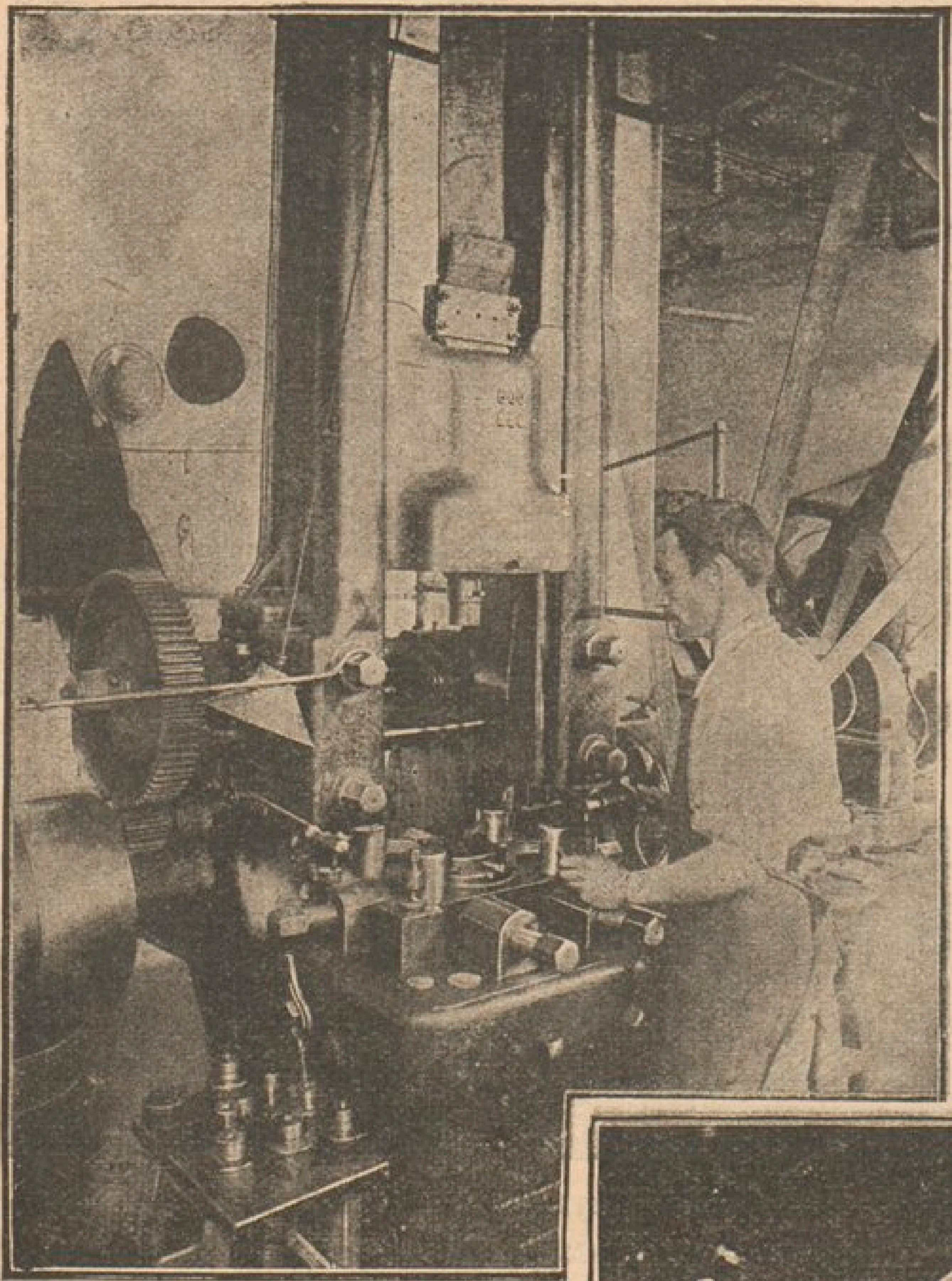
Quelques chiffres suffiront à donner une idée de la petitesse des vis horlogères. La rainure de tête des plus fines n'a que cinq centièmes de millimètre de largeur, et un kilo, valant 16.500 francs (ce prix a certainement augmenté), en contient 680.000 environ.

Les différentes pièces ainsi réalisées sont polies avec soin, les plats sortent parfaitement plans, l'acier bruni, sans le moindre trait, et leur interchangeabilité se trouve assurée. On prend une série de pièces identiques, percées de trous dont le diamètre ne dépasse souvent pas un dixième de millimètre, et on les superpose de manière à former une couche de 8 centimètres environ. On s'assure alors que chaque série de trous forme comme un minuscule cylindre absolument lisse à travers lequel on regarde.

Des hommes et des femmes sertissent ensuite à la machine les *rubis* qui entrent dans les mouvements fabriqués chaque jour. Naturellement, la montre vendue très bon marché ignore ce poli; la puissance exagérée de son ressort assure son fonctionnement.

L'*échappement* constitue la partie essentielle de la montre. Cet organe régularise le mouvement du barillet transmis aux aiguilles par les jeux de roues et de pignons ; il a pour but de fractionner ce mouvement en parties égales. A cet effet, il comporte une pièce animée d'un mouvement oscillatoire laissant, à chaque vibration, échapper une dent de la roue. Cette pièce, extrêmement délicate, est le spiral muni d'un volant circulaire qui s'appelle *balancier*. Selon que l'axe de ce dernier agit directement ou non sur la roue, l'échappement est dit à *cylindre* ou à *ancre*.

Il existe aujourd'hui à Besançon une fabrique de spiraux, qui se font le plus souvent en acier écroui et en acier trempé. On en fait aussi en argent, en palladium, en bronzes divers et en acier-nickel pour les montres exposées aux influences des machines électriques. La production annuelle des spiraux atteint une vingtaine de millions, ce qui représente 5.000 kilomètres de longueur. L'acier arrive à l'usine sous forme d'un fil



MOUTON POUR LA FRAPPE DES BOITES DE MONTRES

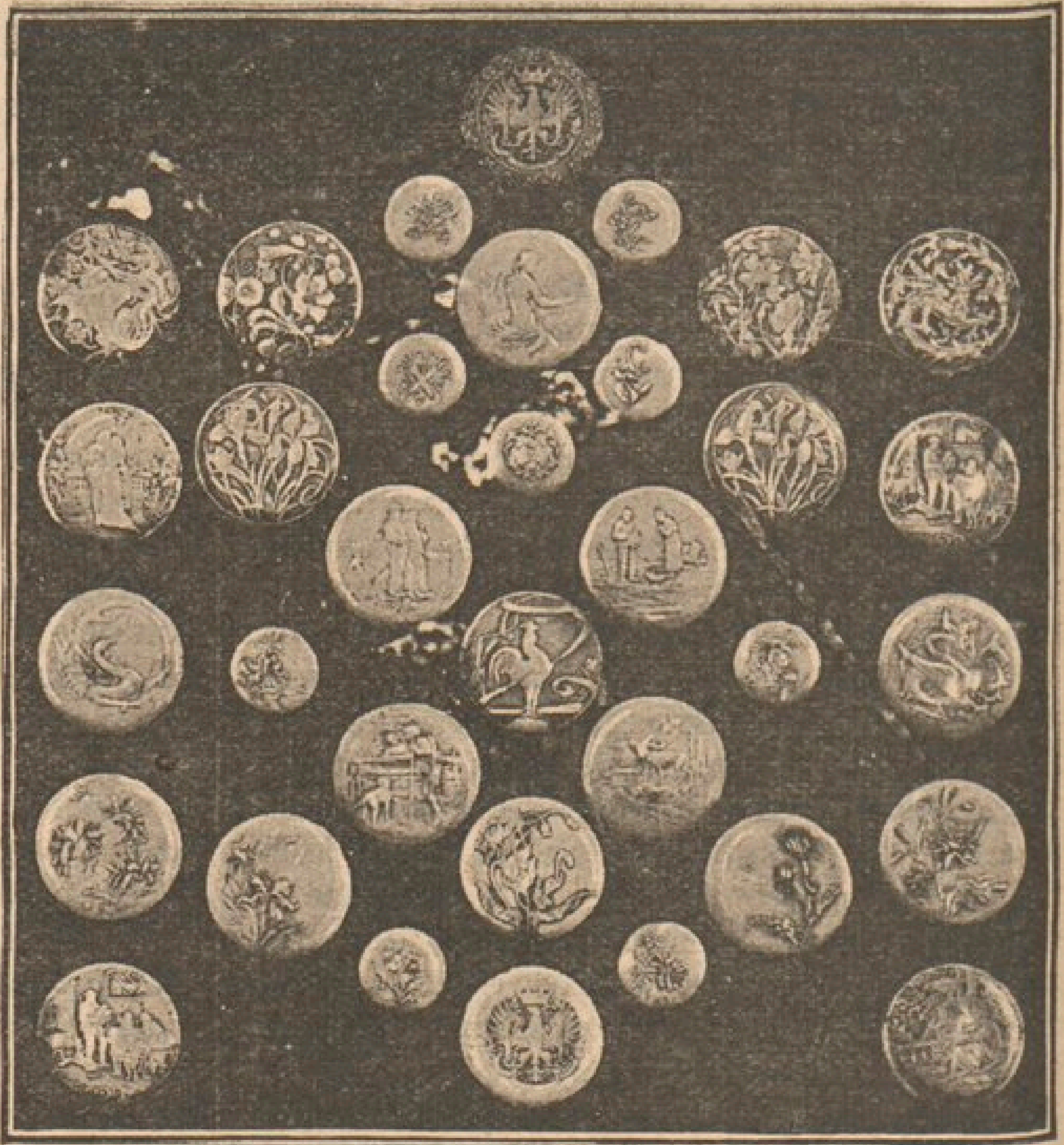
Les rondelles de métal découpées servant à faire les fonds et cuvettes sont recuites, puis estampées au balancier ou au mouton, qui leur donne la forme nécessaire.

d'un millimètre de diametre. On le tréfile dans des trous de diamant ou de saphir, jusqu'à la grosseur nécessaire pour les spiraux gros, moyens, fins et extra-fins. Le fil employé pour une montre de cinq lignes (11 mm. 281) ne dépasse pas deux centièmes de millimètre de diamètre. On le polit et on le lamine très soigneusement ; la forme plate s'obtient en chauffant les lames enroulées dans une espèce de barillet.

Chose curieuse, l'acier réduit en spiraux constitue la substance fabriquée la plus chère du monde. A poids égal, les spiraux coûtent, en effet, douze fois plus que l'or pur ! Leur extraordinaire petitesse est bien faite pour surprendre.

Dans les montres ordinaires, le spiral s'attache par une de ses extrémités à la virole du balancier, tandis que l'autre bout passe entre deux goupilles fixées dans le pont du balancier dit « coq » ; celui-ci se compose d'un simple cercle métallique dont les dilatations ou contractions, sous l'influence de la température, entraînent souvent des variations dans la marche. A l'aide de la raquette, on achève le réglage en rallongeant ou en raccourcissant la lame du spiral.

Dans les bonnes montres, le balancier est formé par deux lames de métaux inégalement dilatables, ordinairement le laiton et l'acier. On les accole ensemble, sauf au voisinage de la barre diamétrale qui les supporte, de manière que les changements de température permettent au système de s'infléchir vers le centre ou de s'épanouir vers la périphérie. On achève la



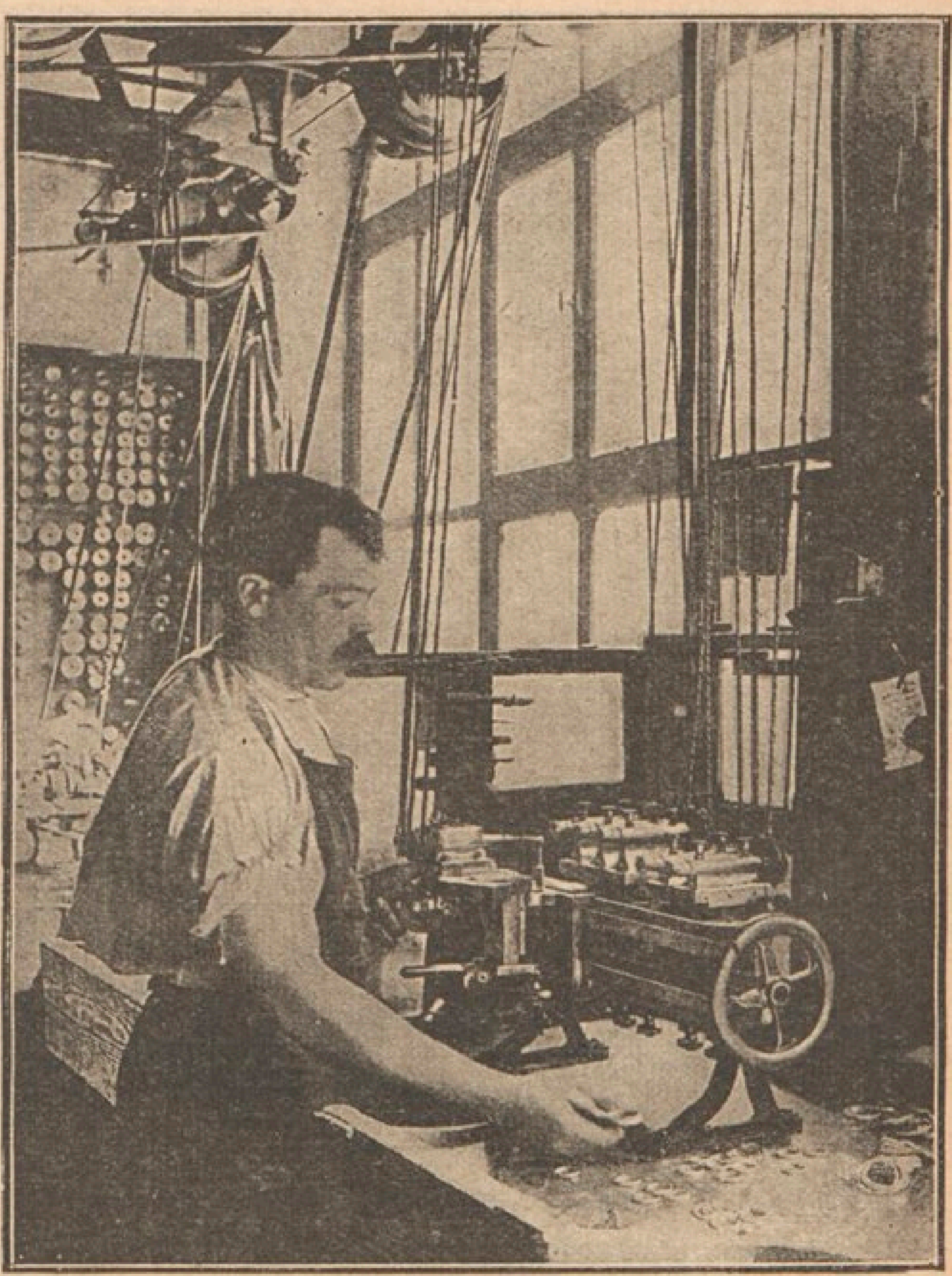
QUELQUES TYPES USUELS DE BOITES DE MONTRES

La boîte, destinée à protéger le mouvement, se réalise en or, en argent, en acier bruni, en cuivre nickelé, quelquefois en platine. Son ornementation extérieure varie à l'infini.

compensation au moyen de masses, convenablement vissées sur la couronne cylindrique.

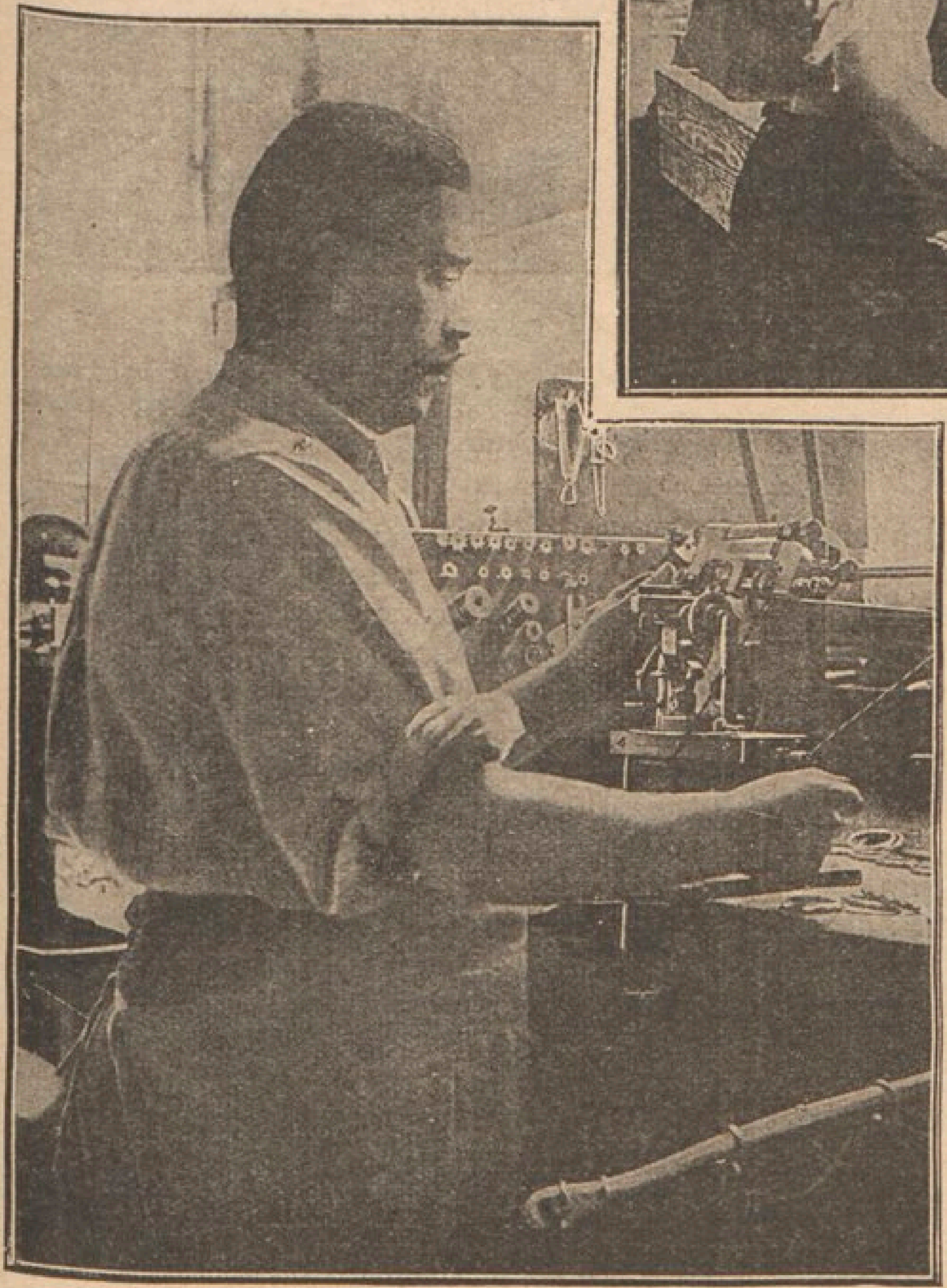
Dans les chronomètres de précision, ces masses se mettent de façon plus compliquée, ainsi que les différents systèmes ingénieux ayant pour but de supprimer partiellement « l'inégalité de dent » qui résulte de ce fait qu'une pièce réglée à deux températures avance ou retarde à tout autre point de l'échelle thermométrique.

L'invention, par M. C.-E. Guillaume, directeur du Bureau international des poids et mesures, de l'*acier-nickel* pour remplacer l'acier dans le balancier, constitue un important progrès. Cela permet d'éloigner les coupures des points d'attache des barres et d'augmenter dans de très sérieuses proportions la solidité de l'ensemble.



LE TOUR A FACETTES

Les carrures ou lunettes sont fixées sur un chariot, et le tourneur leur donne, à la machine, les facettes, les battues, les crans et autres formes voulues.

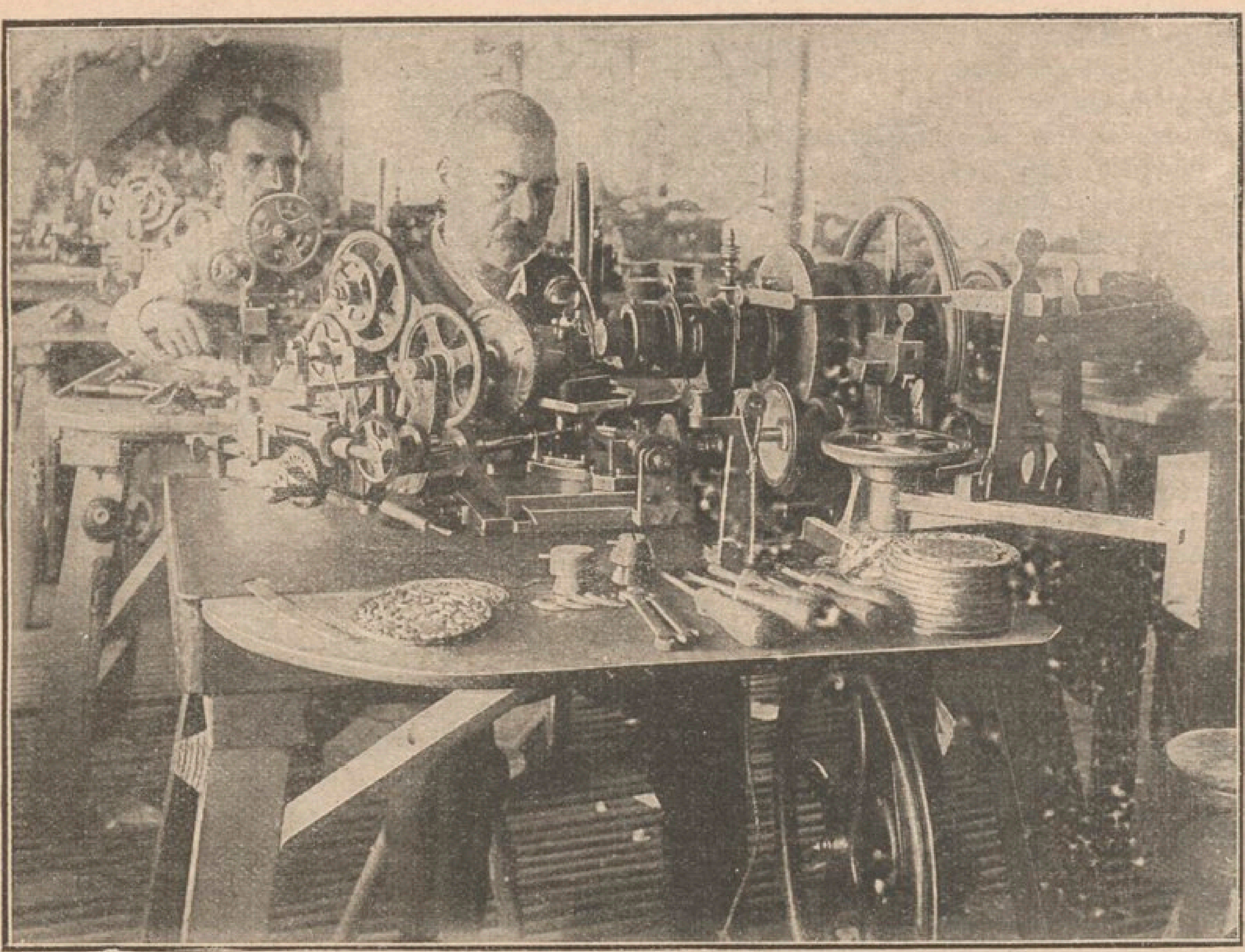


VOICI MAINTENANT LA MACHINE A REFROTTER

Une fois la première forme donnée aux fonds et cuvettes des boîtes, ces pièces passent aux machines à refrotter, qui réalisent avec régularité les bords plats et les fermetures.

Si, dans les montres à bas prix, l'échappement à ancre ne vaut pas cher, en revanche, c'est « le roi des échappements » pour conserver le réglage de la montre. Pour les petites montres de dames, il faut, en particulier, des échappements à ancre de fabrication particulièrement soignée : le balancier battant 21.000 vibrations à l'heure, soit 3.000 de plus, à peu près, que dans les montres de taille courante.

Avant de quitter la question des échappements, rappelons que Bréguet imagina les *échappements à tourbillon,* qui exécutaient un tour en une minute afin de remédier aux variations de marche que



LA GRAVURE DES BOITES DE MONTRES S'EXÉCUTE AU TOUR

Le fonctionnement de ce tour spécial repose sur le principe du pantographe et des réductions. Sur la table que l'on voit au premier plan de la photographie, on aperçoit des modèles de dessins destinés à être reproduits mécaniquement sur les boîtes de montres.

présentent les montres selon qu'elles sont à plat ou pendues, que leur pendant se trouve en haut ou en bas, à droite ou à gauche. Ces pièces, d'un fonctionnement très précis, se fabriquent malheureusement avec difficulté. Aussi, M. Bonniksen, de Coventry, a-t-il imaginé des *échappements à carrousel,* d'une construction plus aisée et qui tournent en une heure, au lieu d'une minute.

Mais, pour transmettre à l'œil de son possesseur les indications du mouvement fini et pourvu de son échappement, il faut à la montre des *aiguilles* et un *cadran.* Jadis, un bon ouvrier demandait deux jours pour limer dans le plein et ciseler le dessin d'une paire d'aiguilles. Aujourd'hui, grâce à l'estampage, on écrase un paillon de métal sur un bloc d'acier préalablement gravé, en moins de temps qu'il ne faut pour l'écrire. On prend donc des bandes métalliques qu'on commence par passer au laminoir. Comme il s'agit d'aiguilles à dessins plats, on les découpe au moyen de balanciers qui enlèvent successivement, « par saisons », les différentes parties du dessin. Suivant que ce dernier est symétrique ou non, les saisons sont simples ou doubles. Finalement on détache la pièce de ses repères, toujours avec un découpoir. Ce système offre l'avantage de permettre au fabricant d'utiliser ses poinçons (souvent au nombre de plusieurs milliers) pour des dessins différents, en les combinant selon les goûts particuliers de sa clientèle.

Si l'aiguille est arrondie, on la frappe d'abord au balancier, qui l'estampe, puis, après une douzaine de saisons, elle se trouve découpée. Alors on la grave, on la biseaute, et, une fois terminée, on la polit. Les aiguilles se font de toutes grandeurs, depuis celles destinées à la montre de cinq lignes (11 mm. 28), jusqu'à celles des gros « oignons » de 30 lignes (67 mm. 684). Elles sont en or, damasquinées, en acier rouges ou bleues, en nickel, etc... Une paire d'aiguilles dites « colibri », pour montre de cinq lignes, ne pèse pas plus de : 0 gr. 00405 ; une aiguille de secondes en acier pour montre ordinaire de dame, 12 lignes, n'atteint pas le poids du milligramme ; on

pourrait donc expédier par la poste, dans une enveloppe affranchie à 0 fr. 15, près de 20.000 de ces minuscules pièces d'horlogerie sans dépasser les 20 grammes réglementaires.

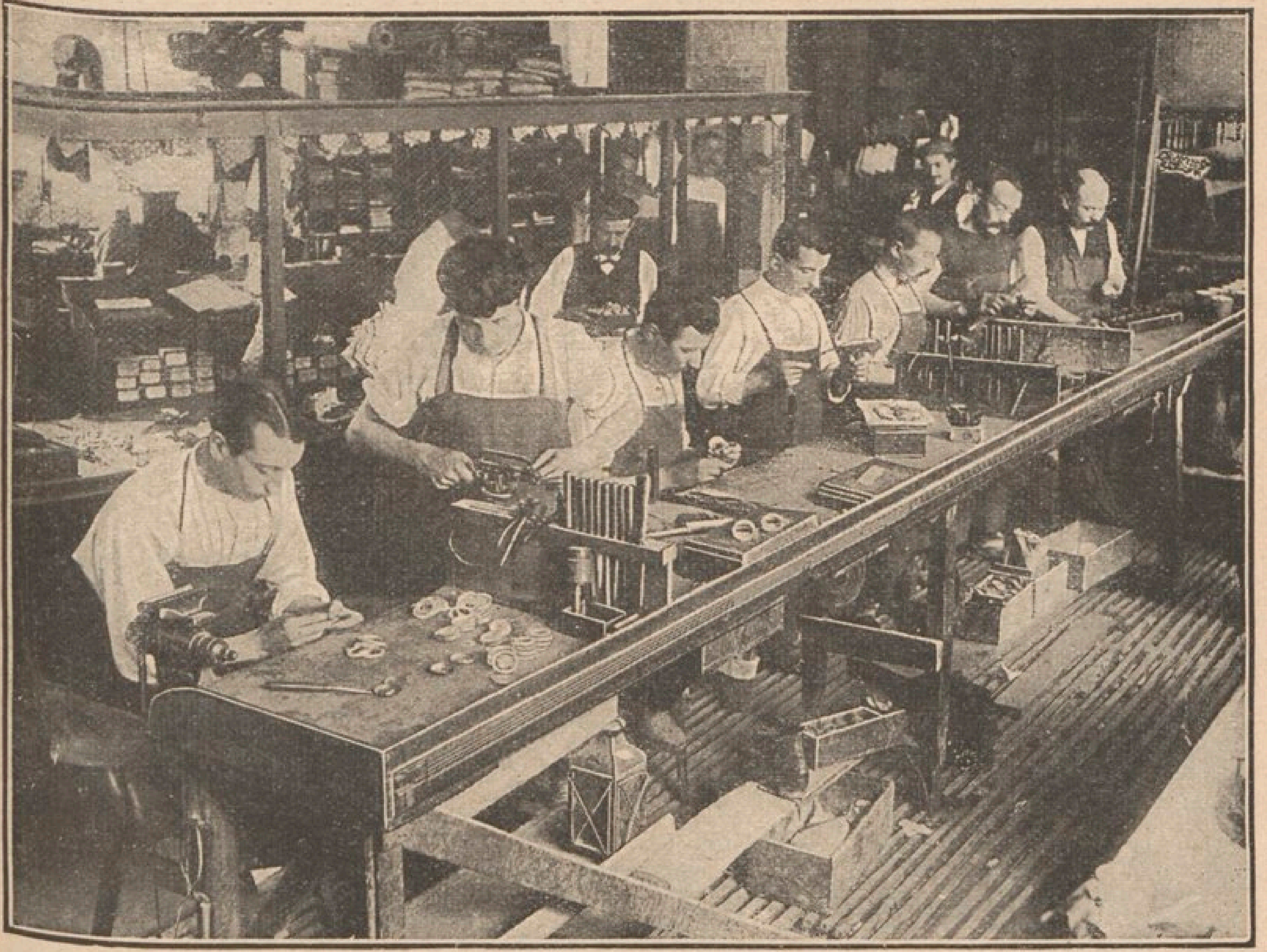
La plupart des *cadrans* de montres actuelles sont en cuivre ou en argent revêtus d'émail fond blanc. On commence par découper la plaque métallique à la dimension voulue (de 5 à 150 millimètres de diamètre), puis on la passe au feu, afin d'y souder les pieds qui la relieront à la platine du mouvement. Ensuite, sur cette surface, décapée à l'acide, on étale, au moyen d'une spatule, une pâte d'émail pilé, tamisé et lavé. Chaque plaque reçoit plusieurs couches successives, dont chacune exige un séchage et une cuisson. En outre, on dépose également, sur la face postérieure, une épaisseur de « contre-émail » pour renforcer le tout. Une fois la plaque ainsi émaillée, la machine à pointer y marque au diamant l'emplacement du centre et celui des cadrans accessoires. Arrive alors le tour de la peinture, qui, autrefois, se faisait à la main, mais qu'on exécute aujourd'hui par décalquage mécanique ou par réduction photographique. Pour décalquer, on se sert d'une matrice d'acier à gravure positive sur laquelle vient s'imprégner un tampon de gélatine qui reporte sur le cadran le tracé des heures. Un ouvrier assez expérimenté grave de six à huit cents cadrans par jour en moyenne.

La méthode photographique inventée par Boulanger, de Genève, permet de réaliser, à l'aide de dessins très grands qu'on réduit, des cadrans absolument sans défaut. Grâce à ce procédé, on a pu revenir aux chiffres arabes délaissés depuis Bréguet, vu la difficulté et la lenteur de leur exécution.

On peint avec le noir d'émail, substance qui renferme de l'iridium en assez grande quantité, et qu'on cuit ensuite au feu.

Les cadrans des secondes se creusent à la fraise dans le cadran principal ou se rapportent à biseau sur l'émail découpé. Enfin, on lime le bord et on perce les trous.

Passons maintenant à la fabrication de la *boîte* en métal, or ou argent, qui peut se



VUE D'UN ATELIER D'« ACHEVEURS » EN PLEIN TRAVAIL

L'acheveur commence par souder, à l'intérieur de la carrure, des petites pièces d'argent destinées à soutenir l'emplacement des charnières; il utilise pour cette opération de minuscules fils de fer avec lesquels il attache soigneusement le morceau à la carrure.

diviser en quatre grandes phases : le dégrossissage, le montage, l'achevage et le finissage.

L'alliage d'argent est d'abord fondu dans un creuset de minerai de plomb chauffé habituellement dans un fourneau à vent et coulé dans des lingotières rondes et plates.

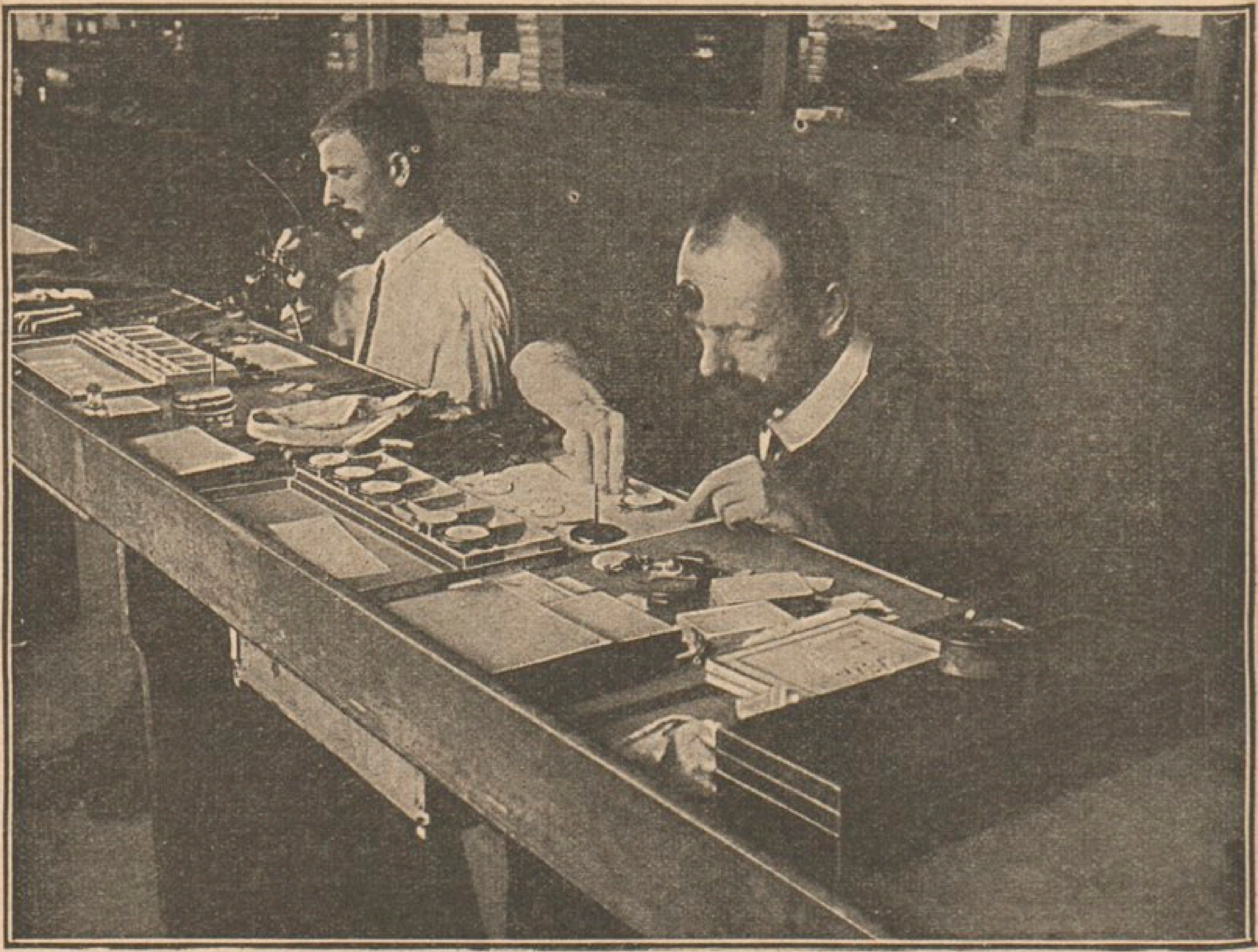
Les lingots ronds servent au dégrossissage des carrures, des lunettes, des bords, et du fil rond ou carré ; sitôt après la fonte, on les met dans un laminoir à coches, lequel se compose de cylindres encochés de différentes grosseurs et de forme carrée. Ils vont de là au laminoir à « passées » ou rouleaux mobiles. On introduit les lingots carrés entre deux de ces passées, choisies suivant la forme à obtenir et d'après la section du métal. Par suite de l'allongement de ce dernier, les carrures et les lunettes s'ébauchent déjà.

Les lingots plats s'emploient pour les fonds, les cuvettes, les carrures étampées, les lunettes refrottées, les porte-charnières et les pendants. Après la fonte, ils passent au gros laminoir à dégrossir, pourvu de puissants cylindres en acier trempé et mis en mouvement par des engrenages combinés, permettant de faire de gros traits (terme technique) ayant la propriété de resserrer le grain de la matière comprimée tout en l'allongeant.

Laminé à une certaine épaisseur au gros laminoir, le lingot plat passe à un second laminoir à rouleaux plus petits et plus polis, qui fournissent des plaques d'une certaine longueur, propres pour les cuvettes et les fonds. Ces plaques, laminées à l'épaisseur voulue, sont découpées à la presse américaine.

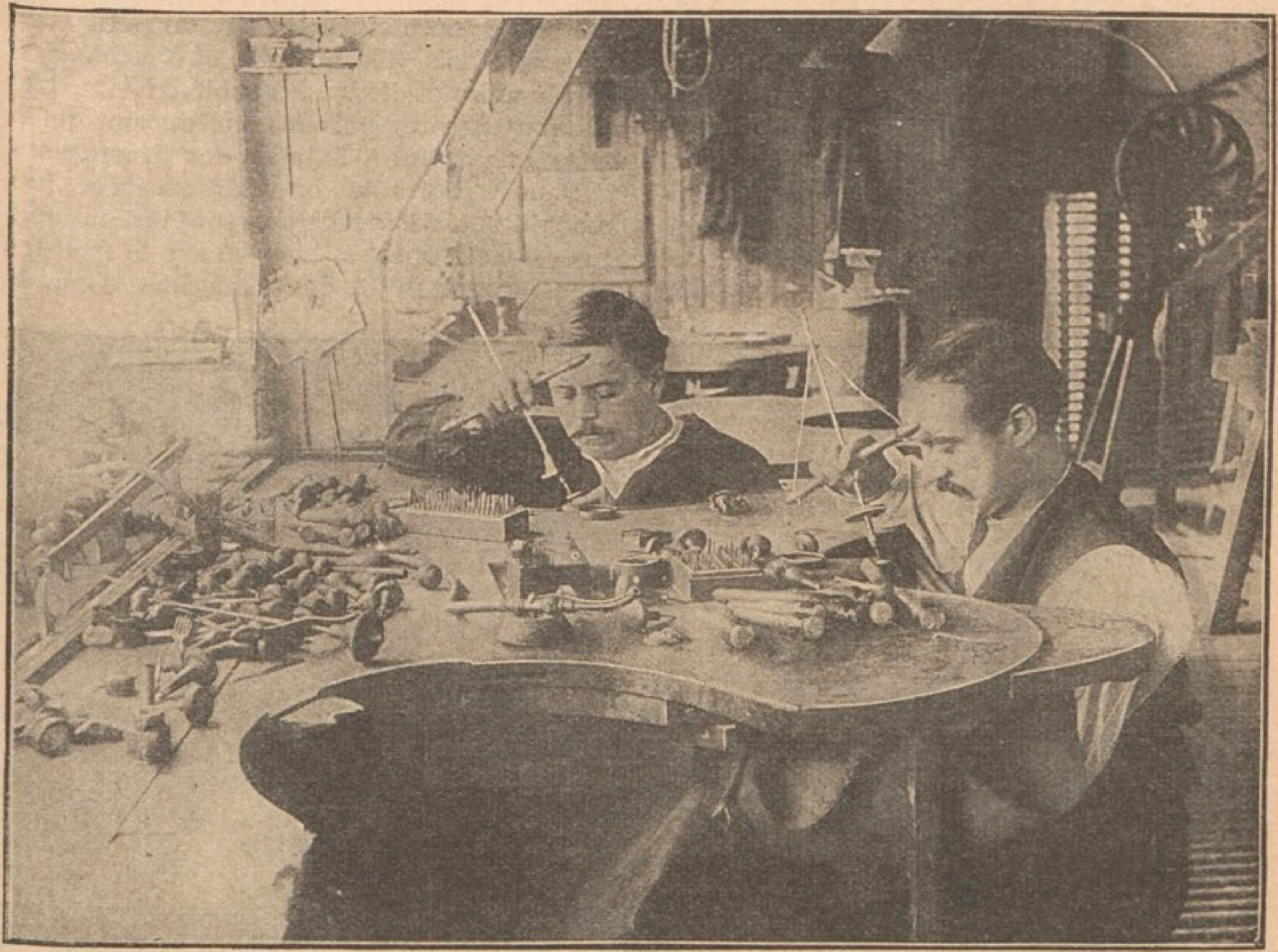
Les lingots des carrures et lunettes, sortant du laminoir à coches, arrivent aux mains des soudeurs d'assortiments, qui les roulent à la grandeur désirée, les soudent, et, une fois agrandies suffisamment au balancier à emboutir, les donnent aux tourneurs.

Dans la grande fabrique Lip, à Besançon, les carrures et les lunettes se tournent généralement sur deux sortes de machines : 1° la machine Dubail, 2° le tour-revolver. La première repose sur le principe du pantographe, tandis que le second est à pistons mobiles. Les carrures ou lunettes sont fixées sur une pince qui les serre automatiquement, et le tourneur donne à la carrure la forme,



OUVRIERS OCCUPÉS A LA POSE DES CADRANS ET DES AIGUILLES

Ces deux opérations effectuées, la montre peut être considérée comme terminée, tout au moins en ce qui concerne la partie mécanique, qui est l'essentielle.



LE SERTISSAGE DES PIERRES PRÉCIEUSES DANS LES BOITES DE MONTRES
Pour percer les trous nécessaires à cette opération, l'ouvrier se sert d'un drille composé d'une forte tige en fer et terminée par un foret à pointe très aiguë.

les battues, les crans, les fermetures, tout en observant minutieusement l'épaisseur et le poids demandé pour chaque pièce. Les rondelles découpées, servant à faire les fonds et cuvettes, sont recuites, puis estampées au balancier à friction ou au mouton américain qui leur donne la forme nécessaire.

Le mouton américain se compose d'un socle en fonte et acier de grandes dimensions, surmonté de deux montants. Entre ces derniers, est actionné, au moyen de courroies et d'engrenages, un poids mobile de 250 kilos qui, en venant frapper avec force la rondelle préalablement placée sur l'étampe, la transforme en fond ou en cuvette, et y imprime à volonté ciselures et gravures.

Les lunettes ciselées se prennent dans un fond dont on découpe le centre. On se sert, pour cette opération, du tour à revolver qui replie le rehaut et pique le cran de glace au moyen de molettes fixées aux pistons de la machine et de burins qui achèvent le travail. Ainsi préparées, les lunettes peuvent se fermer correctement sur les carrures.

La première forme étant donnée aux fonds et cuvettes, ces pièces passent aux machines à refrotter automatiques, qui réalisent les bords plats et les fermetures. Finalement, on assemble toutes ces pièces et on les ferme sur les carrures. Il ne reste plus alors qu'à procéder à leur numérotage — opération peu compliquée — pour terminer le montage.

On distribue ensuite ces boîtes aux acheveurs par douze, vingt-quatre ou trente-six. Ceux-ci les ouvrent et les numérotent une seconde fois, par douzaine, en chiffres romains, sur le plat du fond et de la cuvette, ainsi que sur la carrure. Ce numérotage supplémentaire sert à pouvoir rassembler convenablement les pieces de chaque boîte.

L'acheveur commence par souder à l'intérieur de la carrure des petites pièces d'argent destinées à soutenir l'emplacement des charnières. Il utilise pour cette opération de minuscules fils de fer avec lesquels il attache le morceau à la carrure ; il trempe ensuite celle-ci dans de l'eau bouillante saturée de borax et la soude au chalumeau. Puis il donne cette carrure au fraiseur qui, au moyen d'une machine composée de huit

arbres actionnés par leur courroie de transmission et munis chacun d'une fraise ayant son travail particulier, creuse sur les fonds, lunettes et carrures, les passages minuscules pour les charnières, équarris ultérieurement au tour. La fraiseuse ménage également l'endroit du pendant et canon olive.

Boraxées et soudées au chalumeau, les boîtes sont décapées dans l'acide sulfurique étendu d'eau. Le travail de l'acheveur est alors terminé, mais tout n'est pas fini.

Une fois visitées à la sortie de l'achevage, les boîtes parviennent aux contrôleurs qui y apposent les poinçons de garantie. Puis, au retour du bureau de contrôle de l'Etat, on lisse soigneusement les cuvettes et les fonds pour les plaquer ensuite.

Pour ce travail, on serre le fond ou la cuvette entre deux plaques de fonte chauffées à rouge et adaptées à un petit appareil appelé « plaqueuse ». Cette opération a pour but de tenir le milieu des cuvettes et des fonds bien plat et bien tendu. Après quoi, l'ouvrier décape à nouveau chaque pièce de la boîte qui passe successivement sur un petit tour, au gratte-bois, à la vergette et à la pince. Il vérifie alors et insère les mouvements dans chaque carrure, puis les boîtes sont refermées et portées à l'atelier des décorateurs.

Pour la *décoration*, on s'adresse encore aux machines. Les *tours à graver* sont fort curieux. Leur fonctionnement repose sur le principe du pantographe et des réductions. Dans la boîte d'or, comme le prix de la matière première joue un rôle prépondérant et que la concurrence abaisse énormément les prix, le fabricant arrive à des résultats extraordinaires. Ainsi, on réalise des boîtes dans lesquelles le poids de l'or ne dépasse pas 2 grammes ; la cuvette de ces boîtes n'a pas plus de neuf dixièmes de millimètres d'épaisseur, et, sur cette vraie pellicule, le graveur enlève encore du précieux métal, sans qu'on s'en aperçoive à l'intérieur ; mais, pour cela, il doit monter ses pièces sur une sorte de ciment marron qui empêche le marquage en dessous. De même, les ouvriers collent les boîtes dans du ciment disposé au bout

CISELURE DES BOITES DE MONTRES, MONTÉES SUR UNE SORTE DE BLOC DE CIMENT

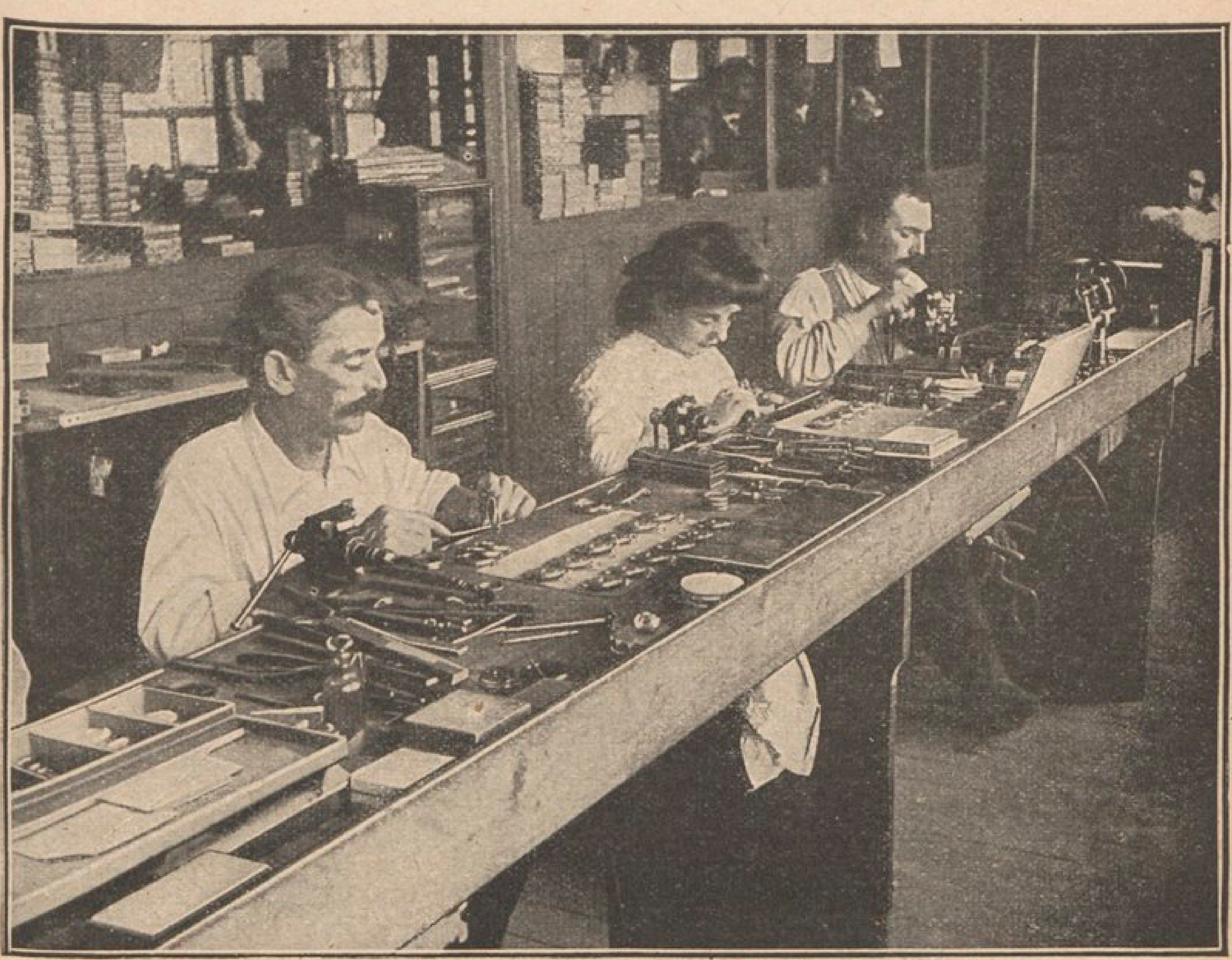
On procède ainsi pour que les ciselures n'apparaissent pas en relief à l'intérieur.

d'un petit bâton qu'ils tiennent à la main pour les ciseler plus commodément.

Au moyen d'une machine à sabler, on donne aux dessins des teintes mates en injectant du silex finement pulvérisé sur les fonds. On agrémente encore les boîtes de montres en y sertissant des pierres précieuses. Pour percer les trous, l'ouvrier se sert d'un drille composé d'une forte tige en fer terminée par un foret et mise en mouvement par une traverse de bois à laquelle une lanière de peau d'anguille ou une corde à boyau la rattache. (V. la photo à la page 91).

Les boîtes une fois décorées arrivent aux mains des finisseurs qui goupillent les anneaux, découvrent l'ouverture des fonds et lunettes, posent les anneaux, les polissent et les avivent. Puis elles passent aux mains des emboîteurs qui y insèrent les mouvements et les y fixent solidement.

Les montres, coquettes, brillantes, et, cette fois, « vivantes » parviennent aux ateliers de repassage, de remontage et de réglage. Ici, le machinisme perd ses droits. Seules l'habileté, la science et l'expérience d'artistes spéciaux interviennent. A l'aide du burin fixe, ou tour ordinaire muni d'une plate-forme et d'un chariot, le démonteur centre les creusures des pièces. Avec un petit outil appelé « machine à régler » et dont le principal organe est un balancier pourvu de son spiral et servant d'étalon, le régleur corrige les mouvements. Il superpose le balancier et le spiral à régler à ceux de l'instrument, et, en approchant ou en éloignant du centre le point de flexion du spiral, il arrive à faire concorder les vibrations du balancier à régler avec le balancier étalon.



EMBOITEURS AU TRAVAIL DANS UNE GRANDE MANUFACTURE D'HORLOGERIE BISONTINE

Quand les boîtes sont achevées, ciselées et décorées, on y insère les mouvements.

Enfin, les *chronomètres*, qui doivent recevoir un bulletin de marche officiel des Observatoires de Genève, de Neuchâtel ou de Besançon, subissent un réglage de précision ; s'ils se comportent bien au cours de ces épreuves thermiques et autres qu'on leur impose, le fabricant les porte dans l'un ou l'autre de ces établissements scientifiques. Nous décrirons naturellement celui de Besançon, le seul *observatoire chronométrique de*

France, créé spécialement pour venir en aide aux fabriques d'horlogerie bisontines, sérieusement menacées par la concurrence étrangère, il y a un quart de siècle comme aujourd'hui. Les dix constructions qui le composent furent commencées en 1883 et achevées seulement deux ans plus tard ; isolées les unes des autres, elles s'élèvent sur un terrain de sept hectare et demi, planté de trouvait installé dans un bureau attenant à la salle méridienne, mais son extension croissante nécessita bientôt son transport dans un local plus vaste, et il occupe maintenant une pièce très spacieuse où sont réunies les plus belles pendules de l'observatoire, en particulier la pendule directrice de temps sidéral, la pendule étalon de temps moyen pour la comparaison des chronomètres, et

VUE PRISE DANS UN ATELIER DE REPASSAGE ET DE RÉGLAGE

(La plupart des photographies qui illustrent cet article ont été prises dans les ateliers de la fabrique de montres et chronomètres Lip, à Besançon.)

très beaux arbres, et abritent, entre autres grands instruments, une lunette méridienne, un équatorial coudé et un altazimut.

A l'origine, on envoyait l'heure électriquement à la main, une fois par jour, à 11 heures, et seulement à l'hôtel de ville de Besançon ; aujourd'hui, une pendule la transmet automatiquement toutes les heures, de 11 heures du matin à 5 heures du soir, au domicile d'une vingtaine d'industriels ou régleurs et à quatre établissements publics.

Dans un avenir très prochain, toutes les villes horlogères de la région, qui sont assez nombreuses, la recevront également.

Au début, le service chronométrique se

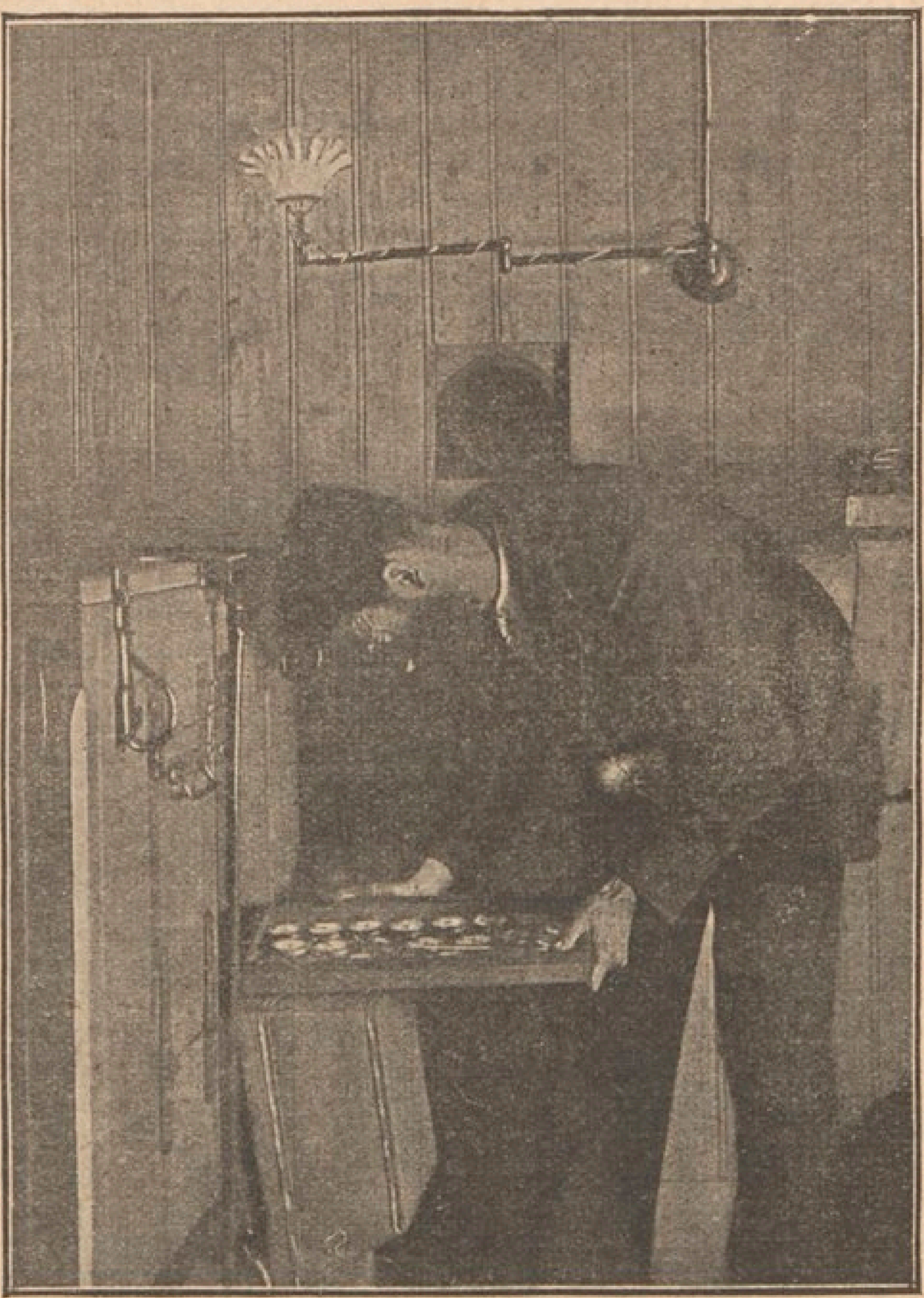
la pendule pour l'envoi automatique de l'heure. Tous ces instruments sont de valeur.

Dans cette même salle, on a mis aussi les étuves à 15 degrés et 30 degrés pour éprouver les chronomètres et divers objets qui, dans les vitrines, constituent un petit musée historique de la montre moderne.

Dans le sous-sol bitumé du pavillon chronométrique, on aménagea une chambre à doubles parois isolantes pour recevoir l'étuve glacière et un compteur électrique actionné par la pendule étalon et qui permet la comparaison des chronomètres dans la pièce. Le calorifère à air chaud, qui maintient les meubles-étuves aux températures

exigées, est également installé dans les caves.

La *glacière*, établie sur les plans de M. P. Chofardet, repose dans une enceinte entourée d'une double cloison de bois garnie intérieurement de cendres et d'escarbilles. Elle se compose d'une caisse en bois de sapin de forme cubique, portée par quatre pieds. Une couche de cendres de bois de 0 m. 14 isole la glace qui enveloppe complètement les deux réceptacles où l'on déposera les tiroirscontenant les chronomètres. Chacun de ces récipients est un coffret en cuivre rouge où l'on peut mettre horizontalement quatre tiroirs. L'employé ne touche à ceux-ci qu'en manœuvrant une double-porte : l'une, garnie de poudre de liège ; l'autre, intérieure, remplie de glace. Celle-ci s'introduit par le dessus de la glacière en soulevant deux couvercles : le premier est en bois et poudre de liège, le second en cuivre rouge avec cendres à l'intérieur et fermeture hydraulique, afin d'arrêter la circulation de l'air. Quant à l'eau de fusion, elle s'écoule par un robinet hydraulique, ce qui évite le contact de l'air extérieur avec la glace. Enfin, la glacière Chofardet, peut aisément recevoir, pour l'observation collective, 160 à 200 chronomètres.



MISE DES MONTRES DANS LA GLACIÈRE, A L'OBSERVATOIRE CHRONOMÉTRIQUE

Les montres de précision subissent des essais de position et des épreuves thermiques qui consistent à les examiner à la température ordinaire (15°), à l'étuve (30°) et à la glacière (0°). Selon qu'elles ont subi avec plus ou moins de succès le cycle des épreuves exigées, les montres reçoivent de l'observatoire chronométrique un bulletin de première, de deuxième ou de troisième classe.

Le nouveau règlement de l'Observatoire de Besançon, entré en vigueur depuis le 1er mai 1910, comporte des épreuves aussi sévères que celles imposées par le vieil observatoire genevois à l'horlogerie suisse. Il prévoit trois classes d'épreuves pour les chronomètres de poche. Dans la première, on les suit dans sept positions et à trois températures ; 0°, 15° et 30° pendant quarante-quatre jours, partagés en huit périodes de la façon suivante :

1° Durant cinq jours, le chronomètre reste vertical, pendant en haut, à 15° ;

2° Durant cinq jours, le chronomètre reste vertical, pendant à droite, à 15° ;

3° Durant cinq jours, le chronomètre reste vertical, pendant à gauche, à 15° ;

4° Durant six jours, le chronomètre demeure horizontal, cadran en haut, à la température de la glace (0°) ;

5° Durant six jours, le chronomètre demeure horizontal, cadran en haut, à 15 degrés ;

6° Durant six jours, on maintient le chronomètre, cadran en haut, à 30° ;

7° Durant six jours, on met le chronomètre horizontal, cadran en bas, à 15° ;

8° Enfin, durant cinq jours, on remet le chronomètre vertical, pendant en haut, à 15°.

Les pièces qui ont subi les épreuves avec succès reçoivent un bulletin de 1re classe. Il faut, pour cela, que l'écart moyen de leur marche diurne ne dépasse pas 0 seconde 75 ; pour les bulletins de 2e et de 3e classes, il ne doit pas excéder, respectivement, 1 seconde 25 et 1 seconde 50.

JACQUES BOYER.

GRACE A CE PETIT APPAREIL L'EAU DES RÉSERVOIRS NE GÈLERA PLUS

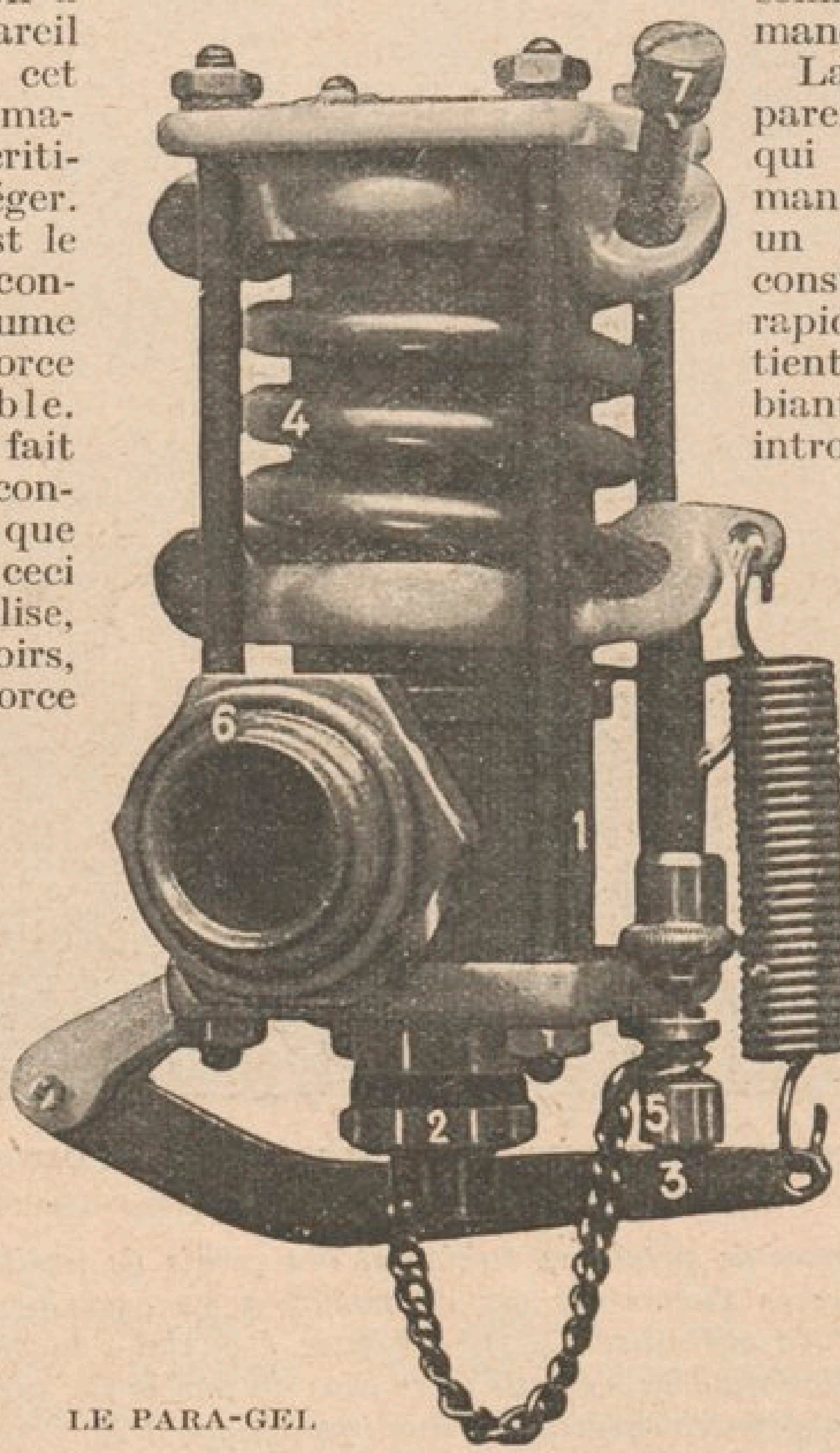
Voici l'hiver venu, et, avec lui, les effets destructeurs de la gelée. Réservoirs, cylindres, radiateurs, canalisations sont exposés à être mis hors d'usage si on les a laissés plein d'eau et exposés à des températures au dessous de zéro. Une minute d'oubli suffit pour que le désastre soit irréparable.

M. l'ingénieur Cesbron a imaginé un petit appareil qui permet d'éviter cet accident en vidant automatiquement, au moment critique, l'appareil à protéger.

On sait que l'eau est le seul liquide qui, en se congelant, augmente de volume et se dilate avec une force expansive considérable. C'est cette force qui fait éclater les vases qui la contiennent. L'appareil que nous allons décrire a ceci d'ingénieux qu'il utilise, pour protéger les réservoirs, cylindres, etc., la force même qui tend à les briser, c'est-à-dire la force d'expansion de l'eau qui se congèle. C'est de cette force que l'inventeur se sert, c'est la gelée elle-même qui provoque le fonctionnement mécanique de l'appareil, dont la sensibilité est calculée de telle manière qu'il agit d'une façon certaine avant que l'eau ne se congèle dans les récipients ou organes à préserver.

L'application de ce dispositif aux radiateurs d'automobiles semble tout naturellement indiquée ; il évite de les vidanger dès que le moteur est au repos pour un certain laps de temps ; il évite aussi l'emploi des liquides antigel, que l'on mélange à l'eau de circulation, qui nuisent au bon refroidissement et peuvent avoir des influences corrosives sur le métal des chambres de circulation.

Cet appareil se compose de deux parties essentiellement distinctes : premièrement, un corps tubulaire *1* relié par un raccord à vis et écrou *6* à la partie inférieure, la plus basse, du réservoir ou des organes à protéger. Ce corps est fermé par un clapet *2* garni d'un joint souple et non conducteur de la chaleur ; ce clapet est supporté lui-même par un levier *3*, rappelé par un ressort. C'est, en somme, un robinet à commande automatique.



LE PARA-GEL.

L'eau contenue dans le serpentin 4, *en se congelant, actionne le levier* 3, *qui ouvre la soupape* 2 *par laquelle l'eau du réservoir s'écoule.*

La deuxième partie de l'appareil comporte les organes qui doivent commander la manœuvre de ce robinet : un serpentin *4*, étudié et construit pour refroidir très rapidement l'eau qu'il contient quand l'atmosphère ambiante le permet. L'eau est introduite dans ce serpentin par l'extrémité supérieure *7*, que l'on referme hermétiquement à l'aide d'un bouchon. Sous l'action du froid, l'eau augmentant de volume et ne trouvant plus d'issue du côté où elle a été introduite, exerce toute sa poussée sur l'autre extrémité du serpentin, où elle rencontre un piston *5* qui appuie sur le levier *3*. Celui-ci, en s'abaissant sous l'effort très énergique produit par la congélation de l'eau dans le serpentin, dès que les premiers effets de la gelée se font sentir, détermine l'ouverture de la soupape *2*, et, par suite, la vidange automatique du réservoir à protéger

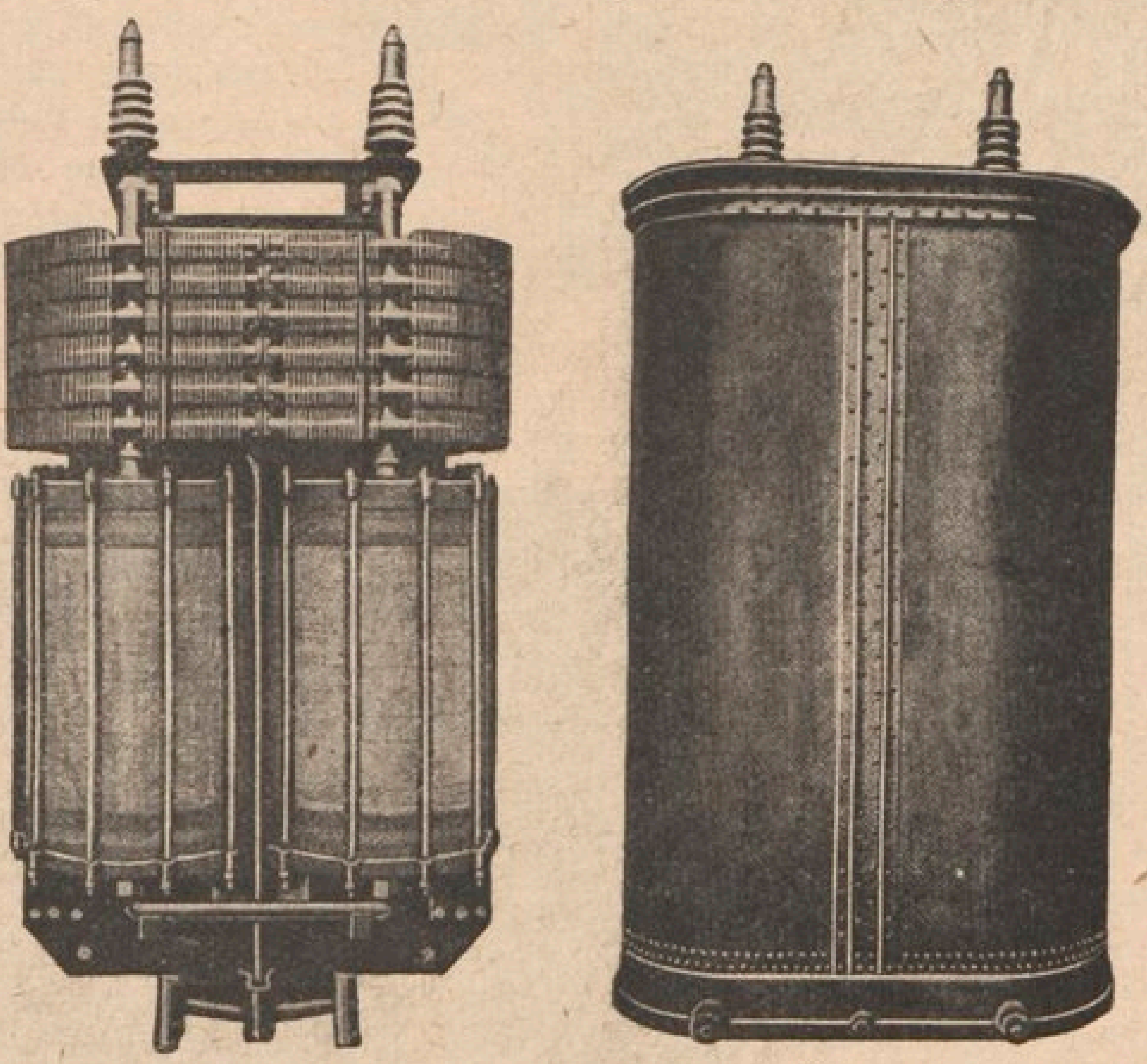
Au cours de différents essais qui ont été faits au laboratoire de la Section technique du ministère de l'Armement, l'appareil, soumis pendant vingt-quatre heures à des températures variant de — 3 à — 9 degrés, a évacué 80 à 97 % de l'eau des réservoirs, les préservant ainsi de tout éclatement et de toute fissure. Même succès pour les expériences pratiquées sur des radiateurs d'autos,

LES PRINCIPAUX TYPES DE TRANSFORMATEURS ÉLECTRIQUES

Par Carle JOUBAULT

INGÉNIEUR ÉLECTRICIEN

QUAND un générateur d'électricité, pile, accumulateur ou dynamo, fonctionne, il se produit, on le sait, à ses deux pôles une force électromotrice (que nous appellerons *E*), et dans le fil conducteur qui les réunit, un courant d'intensité *I*; l'énergie du générateur, ou le travail auquel il peut donner lieu dans chaque seconde, est donc la force électromotrice *E* multipliée par l'intensité *I*. Cette énergie peut être utilisée sur place ou transportée à distance. Dans ce dernier cas, on se trouve en présence d'une difficulté qui provient de la résistance que le circuit interposé entre le générateur et le récepteur va opposer au passage du courant, laquelle va occasionner, en pure perte, dans ledit circuit, un développement de chaleur qui, d'après la loi de Joule, est égale à la résistance *R* de ce circuit multipliée par le carré de l'intensité *I*. C'est donc là une puissance perdue qui vient grever les frais de transport de l'énergie électrique, quelle que soit la forme sous laquelle on veut l'utiliser (éclairage ou travail mécanique). Pour l'éviter, ou, au moins, la diminuer autant que possible, on peut réduire, soit la résistance de la ligne, soit l'intensité du courant. On diminue la résistance de la ligne, ou circuit, en augmentant la grosseur ou section des fils, mais on élève ainsi, dans des proportions considérables, les dépenses d'installation, puisque le poids du métal des fils conducteurs est proportionnel à leur section pour une distance donnée. Il vaut donc mieux diminuer l'intensité *I*. Alors, pour transporter, malgré cela, des quantités d'énergie suffisantes, il importe d'augmenter la force électromotrice du générateur de telle sorte que, dans l'expression de la puissance *EI*, la grandeur de *E* compense la faiblesse de *I*.



TRANSFORMATEUR MONOPHASÉ DE 2.400 KILOWATTS

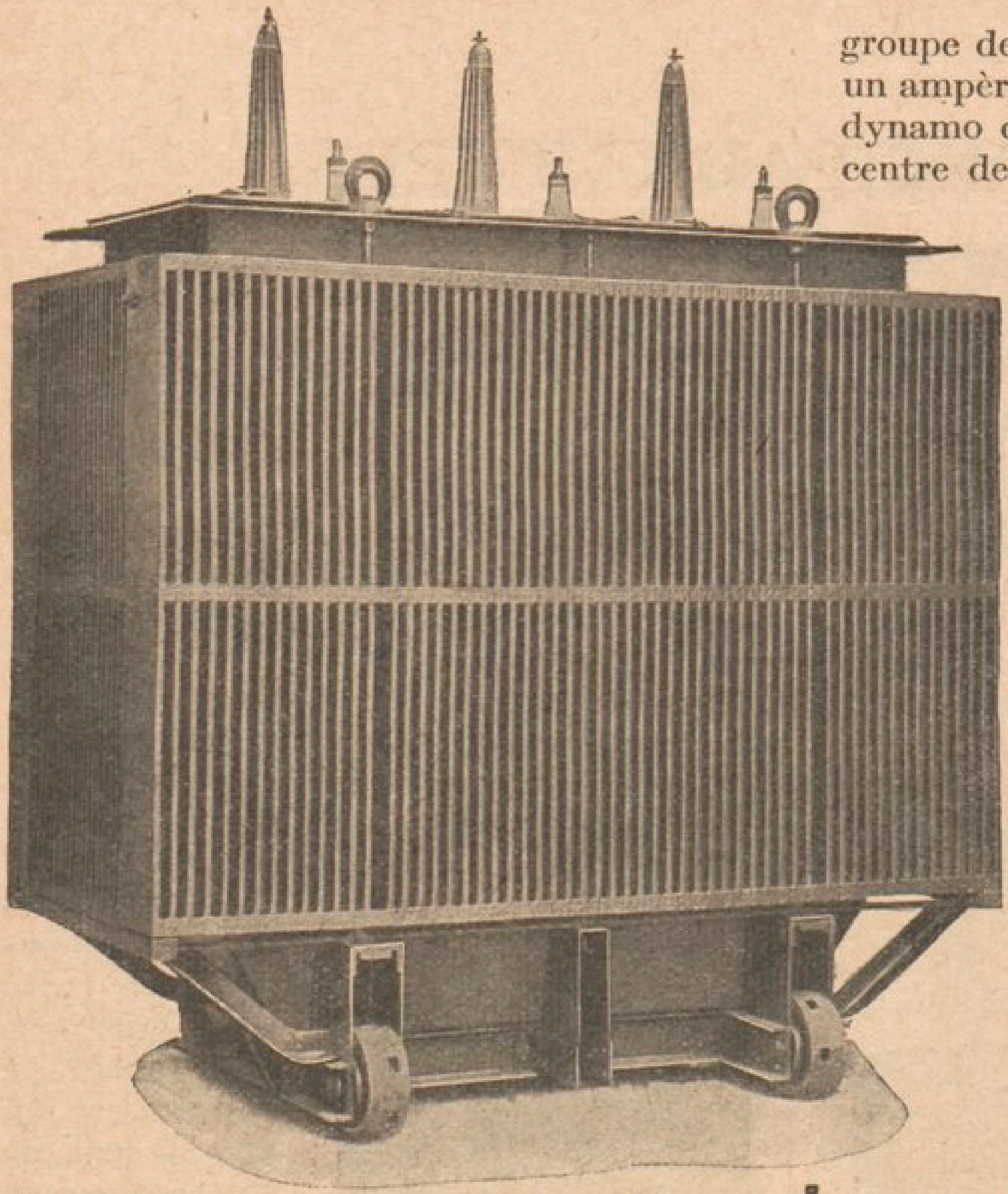
(On le voit à gauche sorti de sa cuve à huile)

Rapport de transformation: 6.000-60.000 volts ; 16 2/3 périodes. Six de ces appareils sont installés à l'usine de Soulom pour l'électrification du réseau des chemins de fer du Midi.

On est ainsi amené à employer, au départ, des générateurs à grande force électromotrice ou à très haute tension.

Mais, en général, les récepteurs n'admettent pas des tensions aussi élevées ; on ne pourrait, par exemple, atteler une machine de 2.000 volts sur une lampe n'exigeant que 100 volts. De plus, sous une tension efficace supérieure à 200 volts, les courants alternatifs ne sont jamais utilisables sans danger mortel pour les personnes. Ce danger peut même subsister, dans certaines circonstances particulières, pour une tension beaucoup moindre.

Pour rendre le courant utilisable et pour éviter tout accident, il faudra donc abaisser très sensiblement la tension à l'arrivée, convertir le courant de haute tension et de



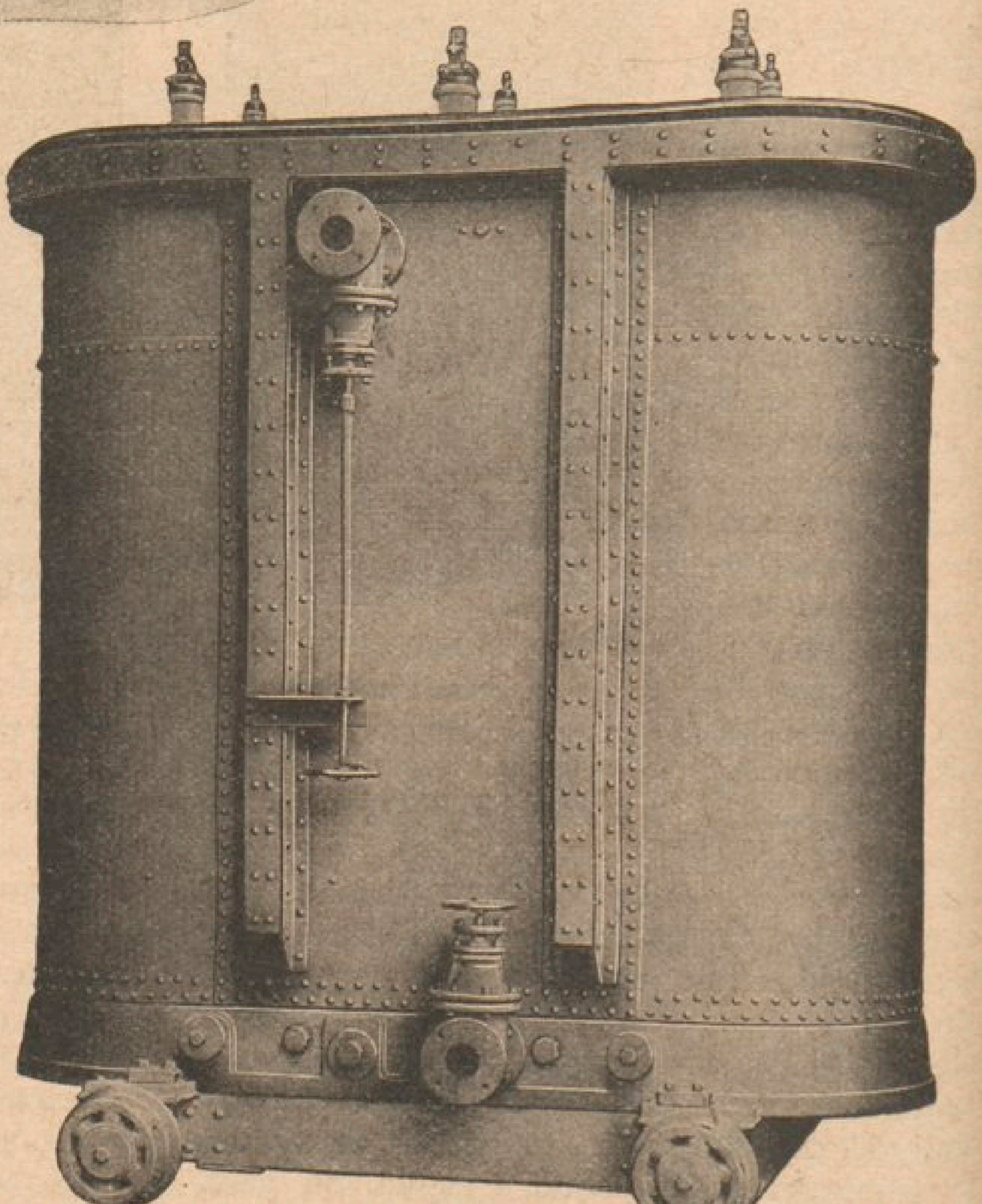
TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ A BAIN D'HUILE ET REFROIDISSEMENT NATUREL

3.300-40.000 volts ; 50 périodes.

faible débit en un courant de basse tension et de grand débit.

Ce sont ces appareils qui modifient la tension du courant électrique qui s'appellent des *transformateurs de tension.* Si le générateur ne produit pas l'énergie à une tension suffisamment élevée, on l'élève par un *transformateur élévateur de tension.* A la station d'utilisation, on abaisse la tension par un *transformateur réducteur de tension.* Car le transformateur peut jouer deux rôles : diminuer l'intensité et augmenter la force électromotrice, ou inversement.

« Les transformateurs, dit M. H. Fontaine dans son traité de l'*Eclairage à l'électricité,* ont surtout pour but de diminuer les frais de premier établissement des installations d'éclairage électrique présentant une grande longueur de fils conducteurs. Nous supposerons, par exemple, qu'il s'agisse d'éclairer un groupe de locaux avec 500 lampes exigeant un ampère chacune sous 100 volts, et que la dynamo doive être placée à 500 mètres du centre de ce groupe. Le parcours de 1.000 mètres que mesure le conducteur (aller et retour) entraînera, par exemple, une perte de 10 volts ; la résistance du conducteur sera alors de 0,02 *ohm ;* sa section, de 833 millimètres carrés ; son poids de 75 tonnes, et son prix, d'environ 200.000 francs. Si, maintenant, on amène la même puissance électrique au centre du groupe considéré avec un courant de 50 ampères sous 1.000 volts, et qu'on transforme ensuite ce courant *primaire* en un courant *secondaire* de 500 ampères sous 100 volts, le conducteur devra être beaucoup plus faible. En effet, si l'on admet la même perte de puissance que dans le premier cas, ce conducteur déterminera une chute de potentiel de 100 volts ;



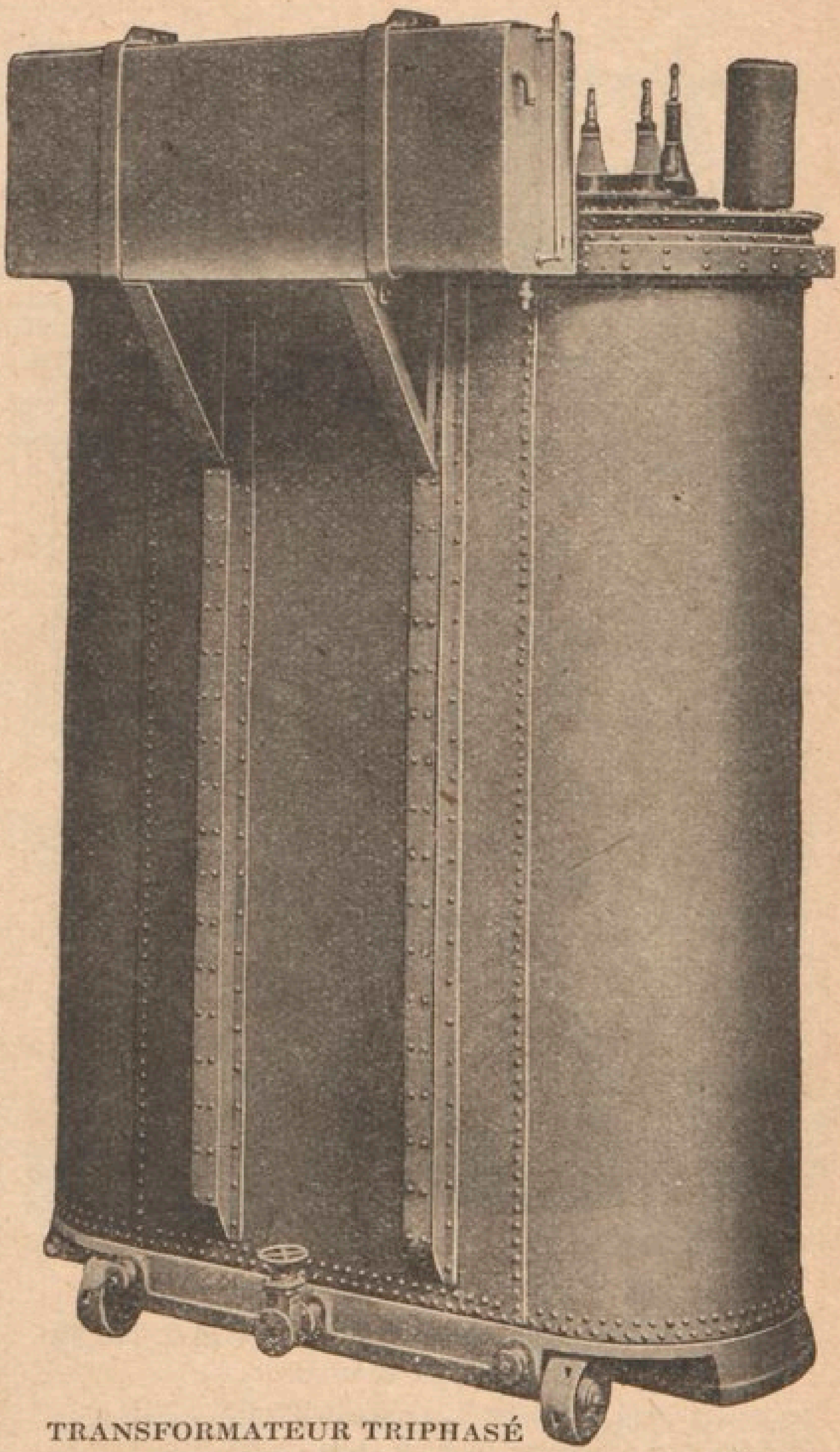
TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ DANS SA CUVE A HUILE, AVEC REFROIDISSEMENT PAR EAU

sa résistance sera de 2 *ohm ;* sa section de 8,33 millimètres carrés ; son poids de 750 kilogrammes, et son prix, de 2.250 francs seulement. Nous ne tenons pas compte de la perte occasionnée par le transformateur, et nous n'examinons pas si, dans la dernière hypothèse, le câble ne serait pas un peu faible pour donner passage à un courant de 50 ampères, notre exemple ayant pour unique objet de faire ressortir le bénéfice considérable qui peut résulter, en pratique, de l'emploi des transformateurs. »

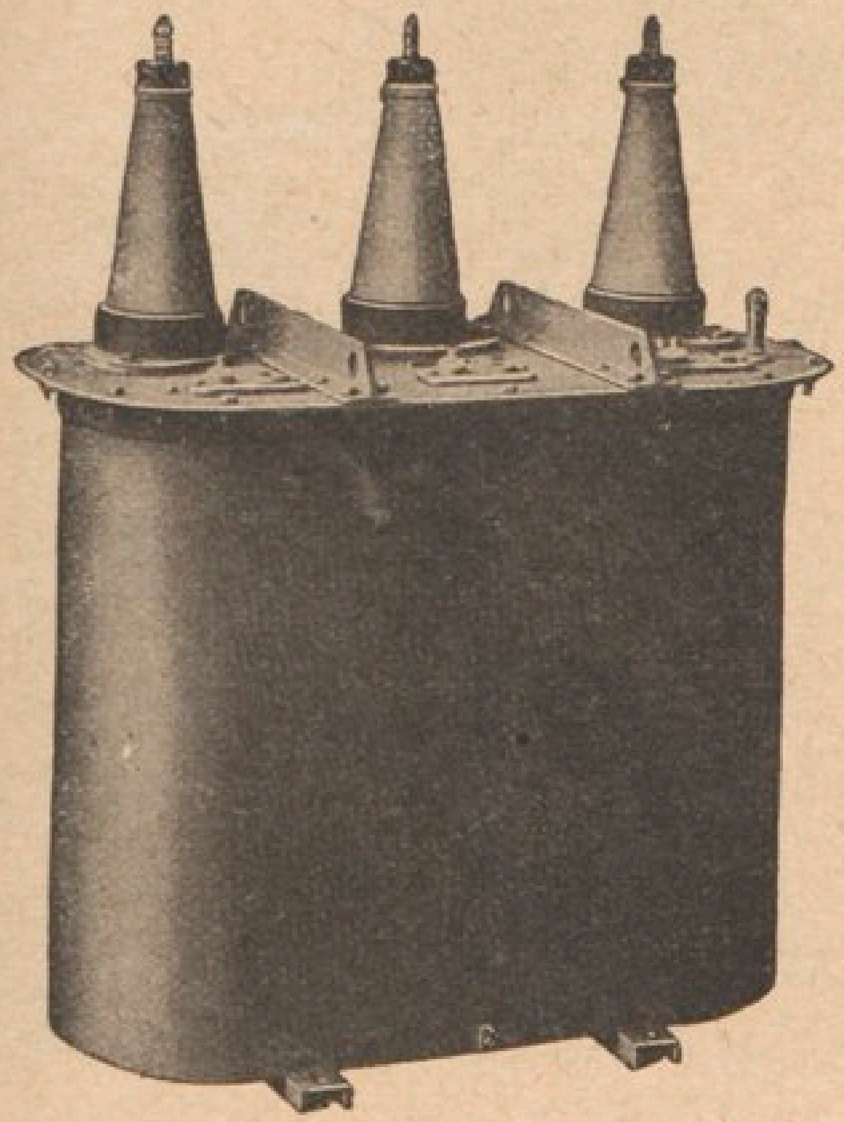
Les transformateurs sont dits *homomorphiques* quand ils ne font que modifier les constantes d'intensité et de tension du courant les traversant, et *polymorphiques* quand, recevant un courant primaire de forme déterminée, ils rendent un courant secondaire de forme différente, dont les constantes sont également différentes. En d'autres termes, les premiers, alimentés par du courant continu, rendent du courant continu, ou des courants alternatifs s'ils reçoivent des courants de ce genre ; les seconds rendent du courant continu alors qu'ils sont traversés par du courant alternatif, ou inversement.

La transmission de notables quantités d'énergie n'est pas sans présenter des difficultés et de gros inconvénients en courant continu : les transformateurs de tension de courant continu, dits transformateurs *tournants*, exigent l'emploi de pièces mobiles, tels que contacts frottants, balais, collecteurs ; il n'en existe pas de simples ni d'économiques.

Le courant alternatif apporte tout naturellement la solution du problème. On sait, en effet — et c'est là une notion élémentaire — que si, sur une bobine parcourue par un courant, on enroule une autre bobine, celle-ci est le siège d'un courant induit quand le courant de la première commence ou cesse, ou, plus généralement, quand ce courant varie.



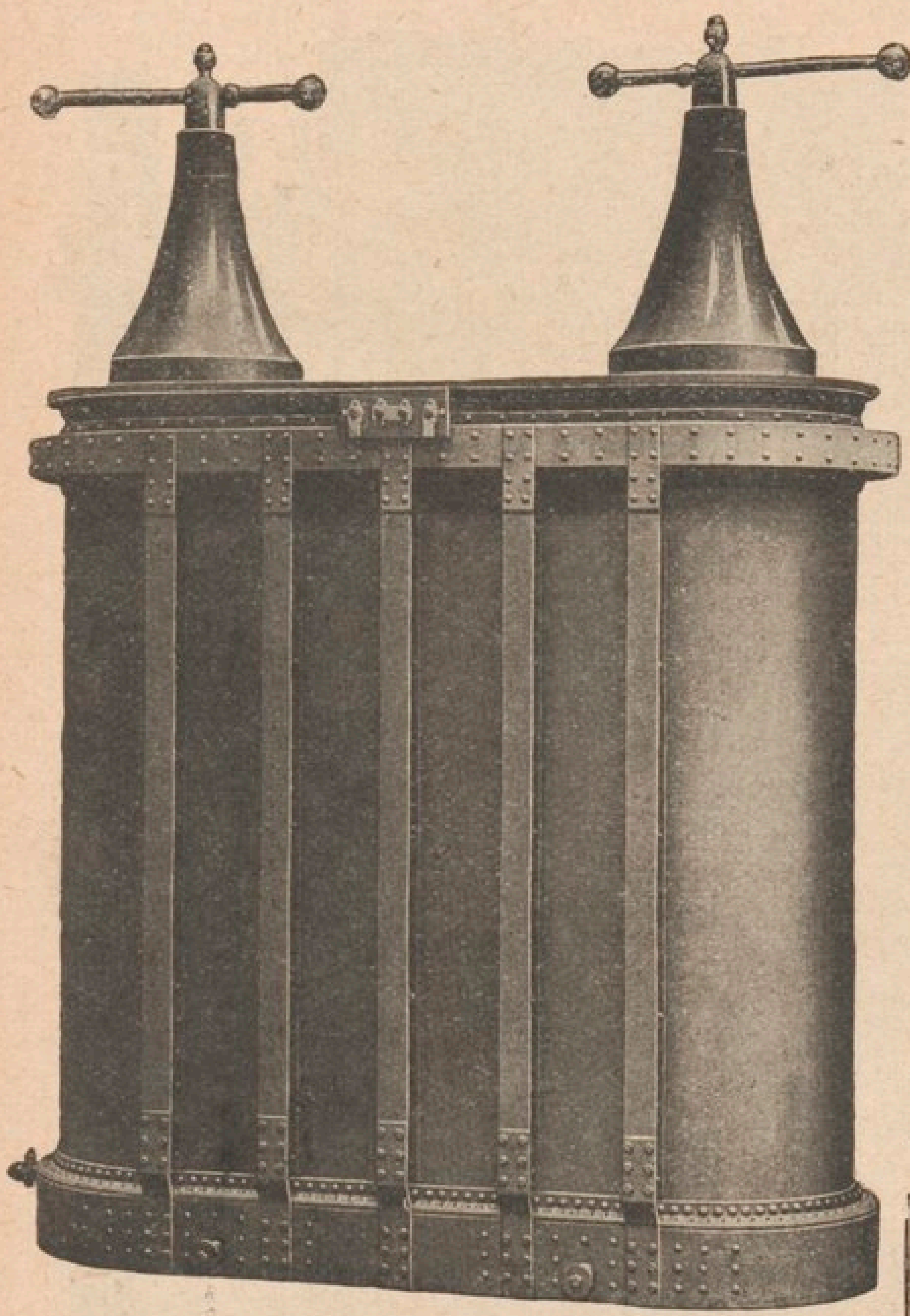
TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ
A REFROIDISSEMENT PAR CIRCULATION D'EAU
Puissance : 6.000 kilowatts ; 52.500/10.000 volts. La cuve de cet appareil est hermétique et possède un réservoir d'expansion pour l'huile.



TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ
On remarquera avec quel soin les bornes sont isolées.

L'intensité du courant induit augmente dans des proportions considérables si l'on a soin de placer les bobines inductrices et induites sur un même noyau de fer doux formant un circuit magnétique complètement fermé ; nous en dirons plus loin la raison.

Dans les transformateurs de tension, on réalise cette disposition avec des tôles de fer doux serrées les unes contre les autres, de façon à constituer un circuit magnétique fermé sur lui-même appelé *carcasse magnétique* du transformateur. Sur ce cadre, on



TYPE DE TRANSFORMATEUR MONOPHASÉ

Les bornes sont surmontées de barres avec boules formant un éclateur.

Les deux photographies qui illustrent cette page, ainsi que celles reproduites dans les trois pages précédentes, nous ont été obligeamment communiquées par la Compagnie électro-mécanique du Bourget.

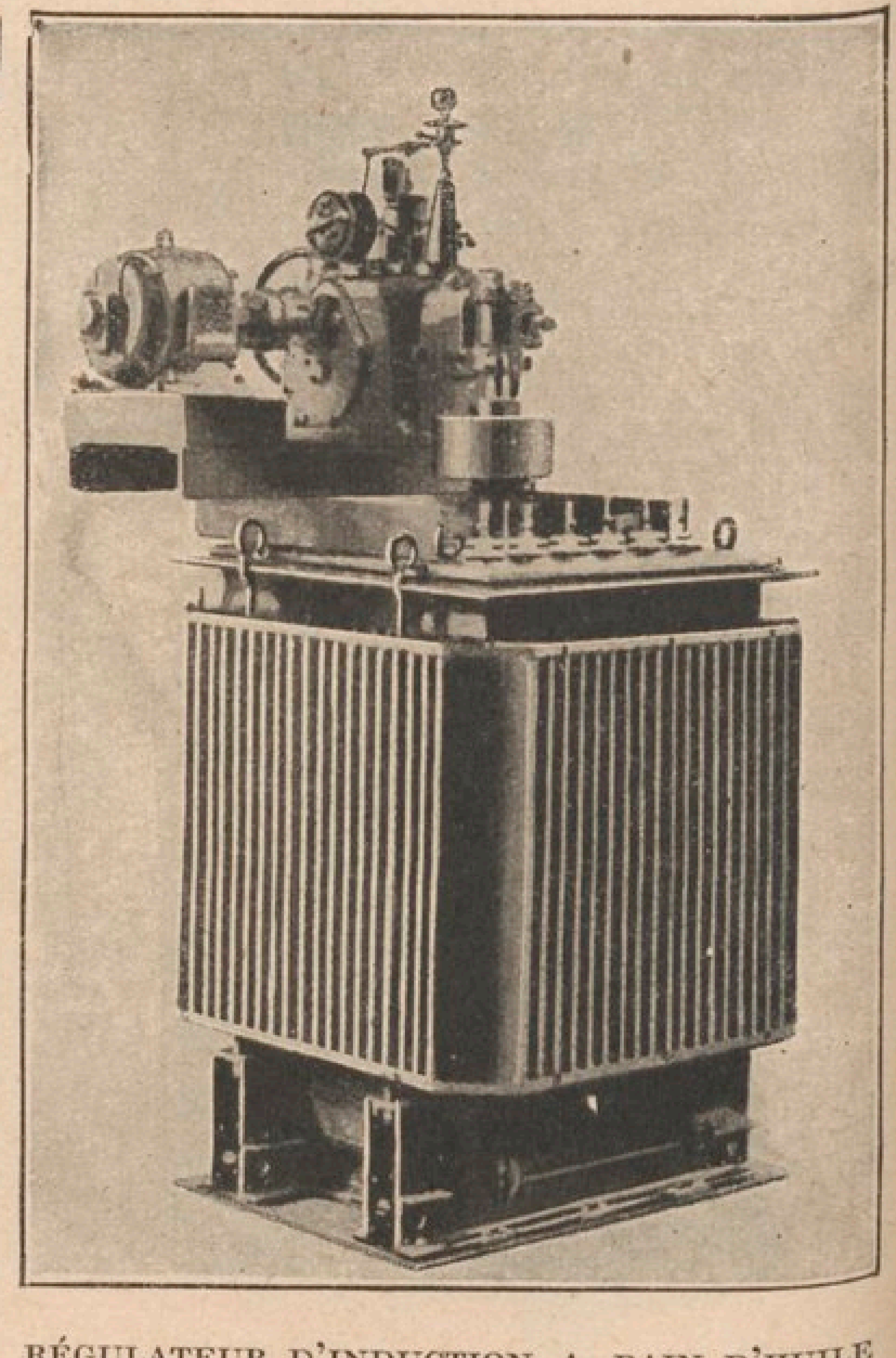
enroule les spires de la bobine inductrice et celles de la bobine induite : la première s'appelle techniquement le *primaire* et la seconde le *secondaire* du transformateur.

De façon générale, la carcasse magnétique présente les formes soit d'un anneau, soit d'un cadre carré ou rectangulaire.

Un transformateur dit *statique*, c'est-à-dire ne possédant que des circuits fixes, se compose donc essentiellement d'un noyau de fer dit *feuilleté* (pour éviter les courants de Foucault), sur lequel on a enroulé deux bobines, l'une à gros fil et à petit nombre de spires, l'autre à fil fin et à grand nombre de spires. Si l'on envoie dans l'une d'elles un courant alternatif dit *primaire*, il se produira dans le noyau une variation périodique de flux magnétique qui déterminera dans le seconde bobine un courant d'induction dit *secondaire*.

Les différences de potentiel efficaces aux bornes des bobines d'un transformateur étant proportionnelles au nombre de tours des bobines, si l'on veut s'en servir pour abaisser la tension d'un courant, on prendra comme primaire le fil fin et comme secondaire le gros fil. C'est le cas le plus général des transformateurs industriels. Nous citerons comme type le transformateur Zypernowski qui se compose d'un anneau formé de fil de fer doux, semblable à l'anneau d'une dynamo Gramme, constituant le noyau sur lequel sont successivement enroulées les bobines primaires et les bobines secondaires ; chaque bobine primaire est réunie à la suivante ; il en est de même pour les bobines secondaires.

Les qualités de courant induit dans le deuxième circuit dépendront, toutes choses égales d'ailleurs, de la longueur et de la section du fil de ce circuit par rapport à la longueur et à la section (ou grosseur) du fil du circuit primaire. Nous avons dit plus haut comment on obtient des courants induits d'intensité supérieure à celle des courants primaires, et inversement ; mais, en pratique, on peut modifier l'intensité des courants induits dans un transformateur en groupant en *série* ou en *quantité* un plus ou



RÉGULATEUR D'INDUCTION A BAIN D'HUILE AVEC, A LA PARTIE SUPÉRIEURE, UN RÉGULATEUR A ACTION RAPIDE.

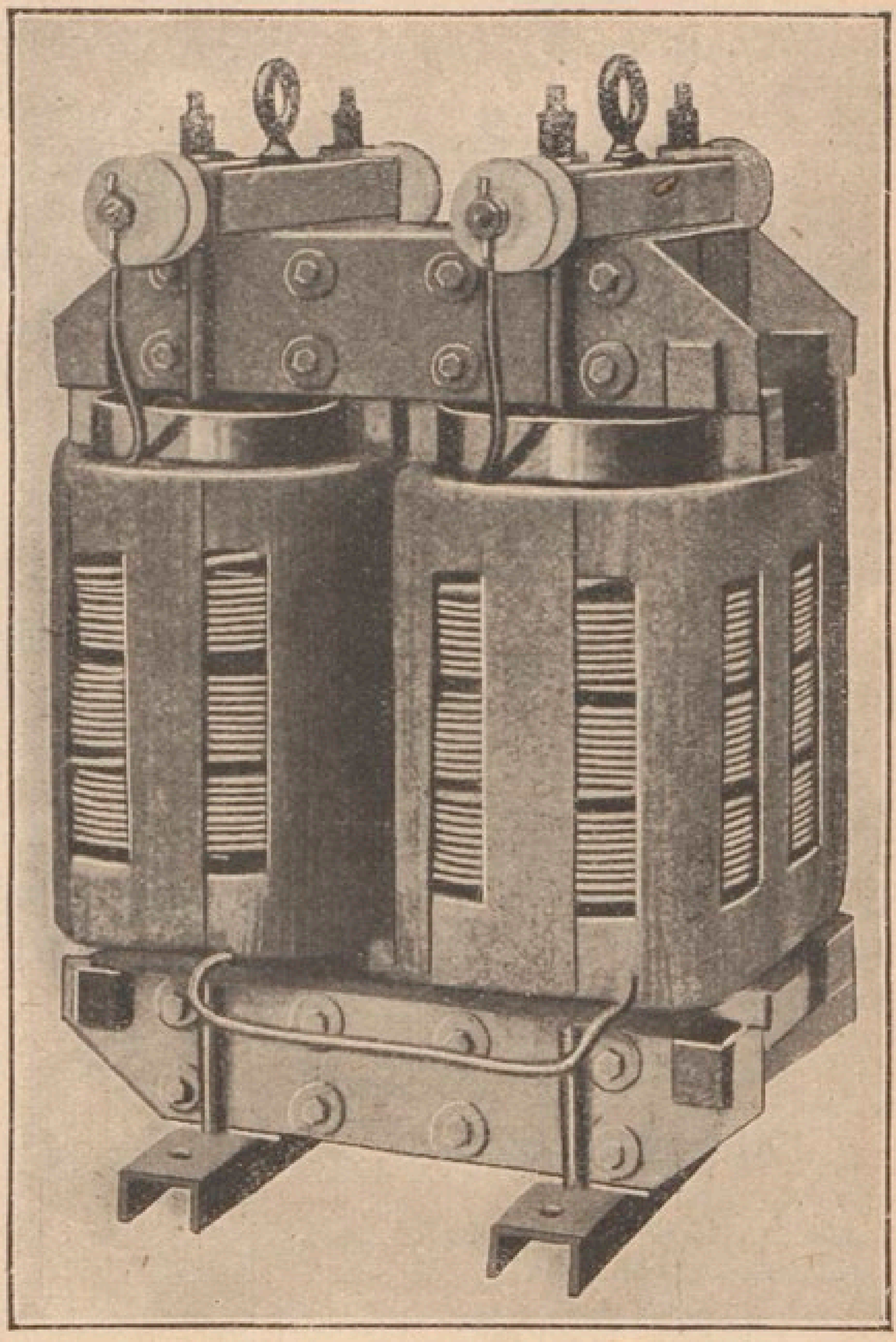
moins grand nombre de spires des bobines de ce transformateur (comme on groupe les batteries de piles électriques). La valeur de l'intensité et la différence de potentiel aux bornes de la bobine secondaire satisferont toujours à cette condition que l'énergie qu'elle représente sera strictement égale à l'énergie des courants inducteurs multipliées par un certain coefficient, qui est le *rendement* du transformateur.

Ce rendement est le rapport de la puissance utile, recueillie aux bornes du secondaire, à la puissance totale fournie aux bornes du primaire. Il peut être très élevé : il atteint couramment 95 à 98 % dans les appareils modernes de construction très soignée. Il est d'ailleurs variable avec la charge.

Les pertes de puissance dans un transformateur électrique ont diverses causes dont les principales sont l'échauffement des fils des bobines du primaire et du secondaire, et les courants de Foucault dans toutes les masses métalliques de l'appareil. Ou peut y remédier.

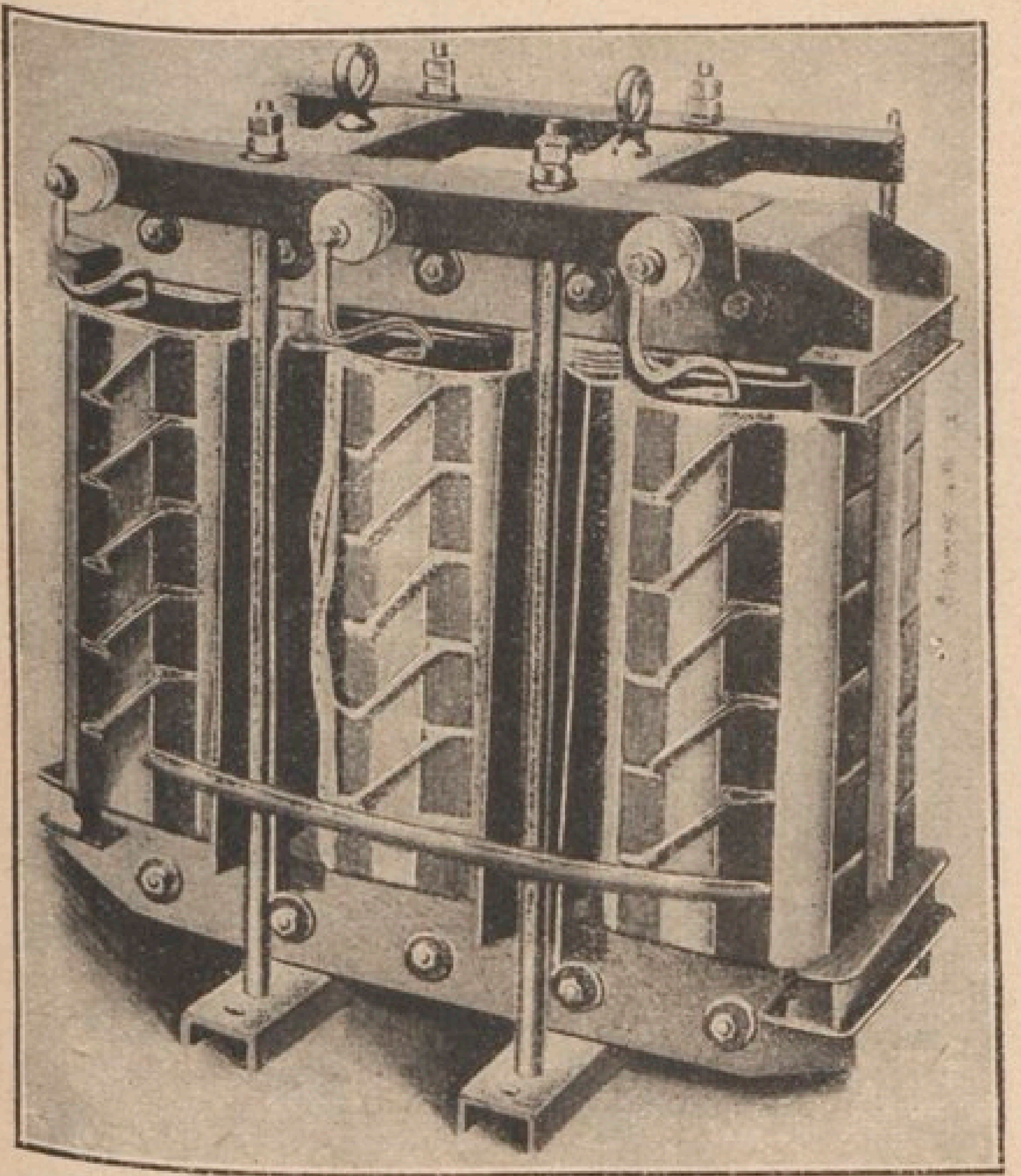
Avec un appareil bien installé, la température ne doit pas, en principe, dépasser 70 degrés centigrades.

Il est prudent de disposer des appareils de mise à terre pour éviter les accidents, parfois irréparables, qui seraient susceptibles de résulter d'un contact accidentel entre les deux courants.



TRANSFORMATEUR MONOPHASÉ POUR FAIBLES PUISSANCES

On remarquera les deux traverses en fer, la supérieure et l'inférieure, boulonnées sur les deux noyaux des bobines, en tôles feuilletées, qu'elles joignent, formant ainsi un circuit magnétique complètement fermé.

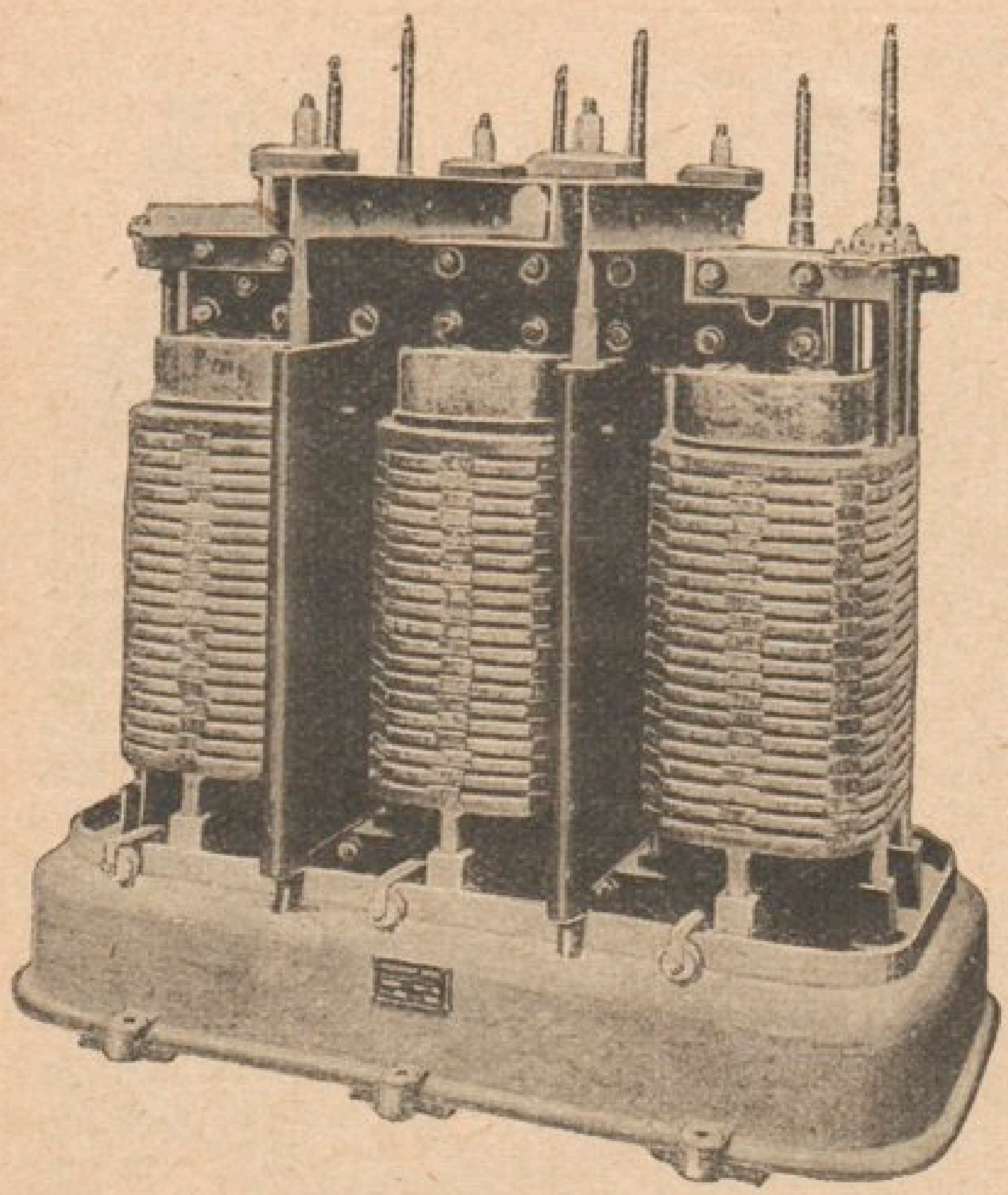


TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ, AVEC REFROIDISSEMENT PAR CIRCULATION D'EAU

Les transformateurs sont dits *différés* quand l'utilisation du courant peut n'avoir lieu qu'après un temps théoriquement illimité, ce qui est le cas des accumulateurs, dont nous ne nous occupons pas ici, et *instantanés* lorsque l'utilisation est immédiate, comme dans les bobines de Ruhmkorff, et les appareils dont il est question dans cet article.

On distingue deux classes de ces derniers : ceux à circuit magnétique ouvert et ceux à circuit magnétique fermé. Tous les transformateurs actuels appartiennent à cette dernière classe.

Les transformateurs à circuit magnétique ouvert sont constitués par un



TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ, A VENTILATION FORCÉE, POUR GRANDES PUISSANCES

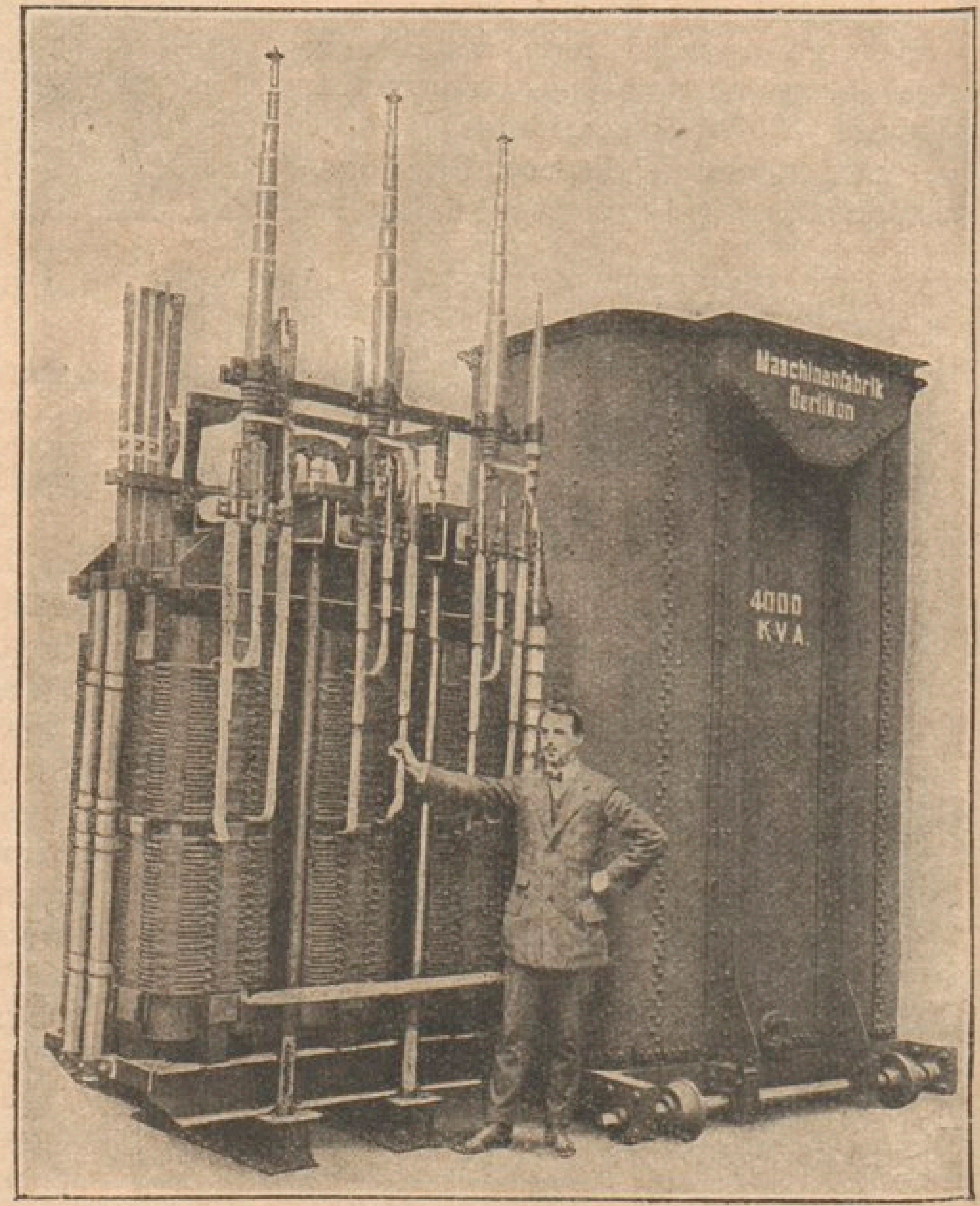
seraient réduites à peu de chose dans un circuit fermé, même de fer doux, à cause de l'aimantation remanente, qui est toujours considérable dans ces sortes de circuits.

Mais, en général, l'inconvénient des circuits magnétiques ouverts est de présenter une forte résistance magnétique, autrement dit d'exiger une force magnétomotrice considérable pour développer une induction donnée. Or, dans les transformateurs en activité, la force magnétomotrice à laquelle est soumis le fer est relativement faible ; en effet, elle provient en partie du primaire, en partie du secondaire ; les deux forces magnétomotrices s'équilibrent donc de manière à ne donner qu'une résultante beaucoup plus faible que chacune d'elles agissant séparément.

On a, par conséquent, intérêt, pour mieux utiliser cette force magnétomotrice, à employer des circuits magnétiques fermés, comme, d'ailleurs, on l'a dit plus haut. On a dit également que, dans ce type de transformateur, dont les formes sont extrêmement variées, le noyau était formé par une faisceau droit de fils de fer sur lequel sont enroulés le primaire et le secondaire. Les bobines d'induction, comme la bobine de Ruhmkorff, appartiennent à cette classe ; elles servent, on le sait, à obtenir, avec un courant intense et de faible force électromotrice, une force électromotrice considérable capable de donner de longues étincelles, de charger des batteries, d'obtenir, en un mot, les effets que produisent les machines électrostatiques.

Parmi les transformateurs à circuit magnétique ouvert les premiers construits, on cite le transformateur Gaulard et Gibbs, dont il sera parlé plus loin.

L'emploi des circuits magnétiques ouverts est indiqué seulement dans le cas où l'on alimente le primaire, non pas avec un courant alternatif, mais avec un courant périodiquement interrompu, comme dans les bobines d'induction de Ruhmkorff. Dans ce cas, en effet, la force démagnétisante qui existe dans ces circuits favorise les variations rapides du flux : ces variations

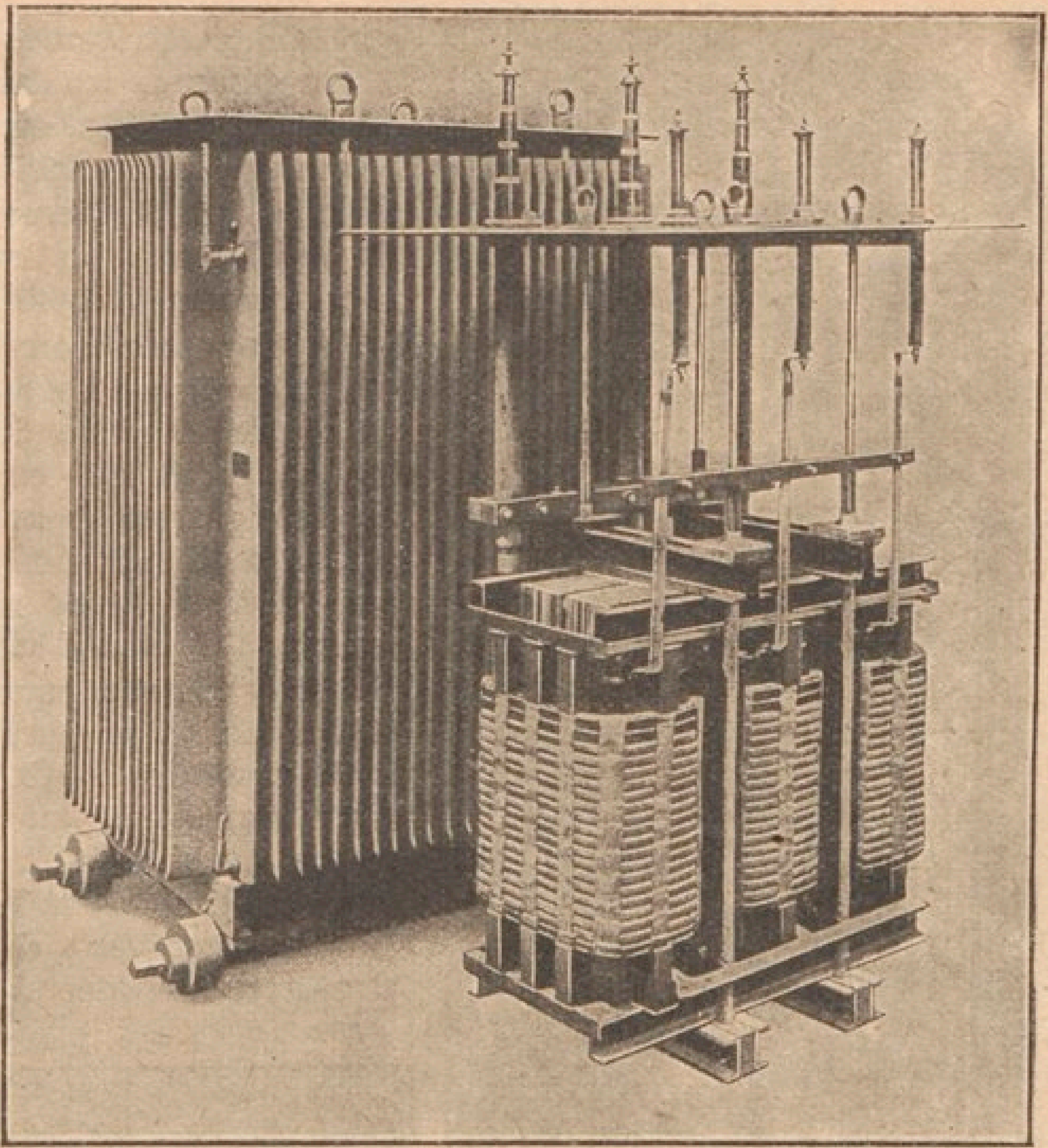


TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ DE 4.000 KILOWATTS, 65.000 VOLTS, A BAIN D'HUILE

On voit l'appareil, sorti de sa cuve, à gauche de la photographie.

sorte d'anneau (qui peut être aussi un rectangle) en tôles superposées sur lequel sont enroulées les bobines principales et les bobines secondaires.

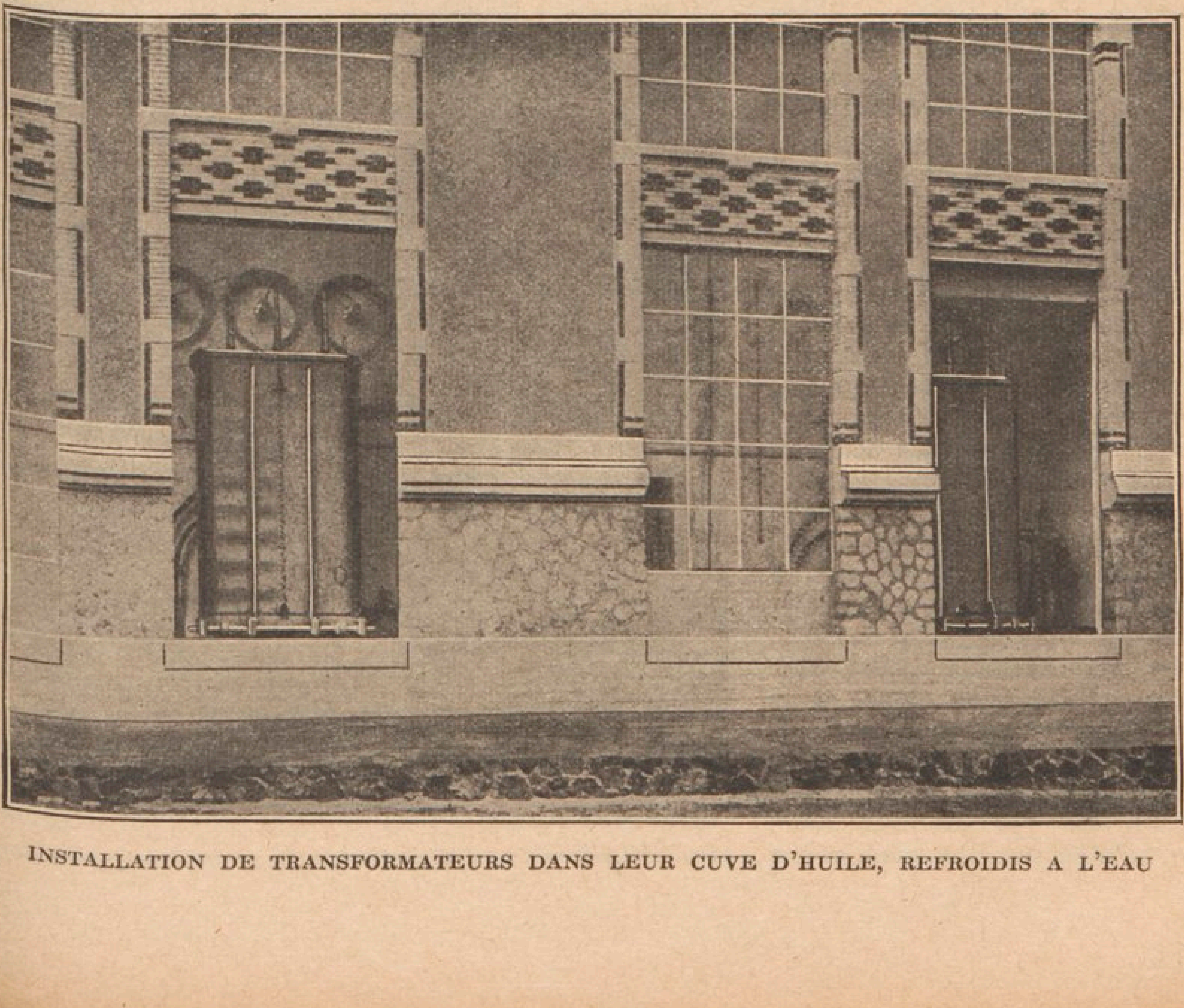
D'ailleurs, ces bobines peuvent être placées alternativement, ou bien être superposées : dans tous les cas, il faut qu'elles soient très soigneusement isolées les unes des autres et isolées du noyau. Pour mieux réaliser cet isolement, l'appareil tout entier, au moins quand il atteint une certaine puissance, est plongé dans un bain d'huile ou de paraffine.



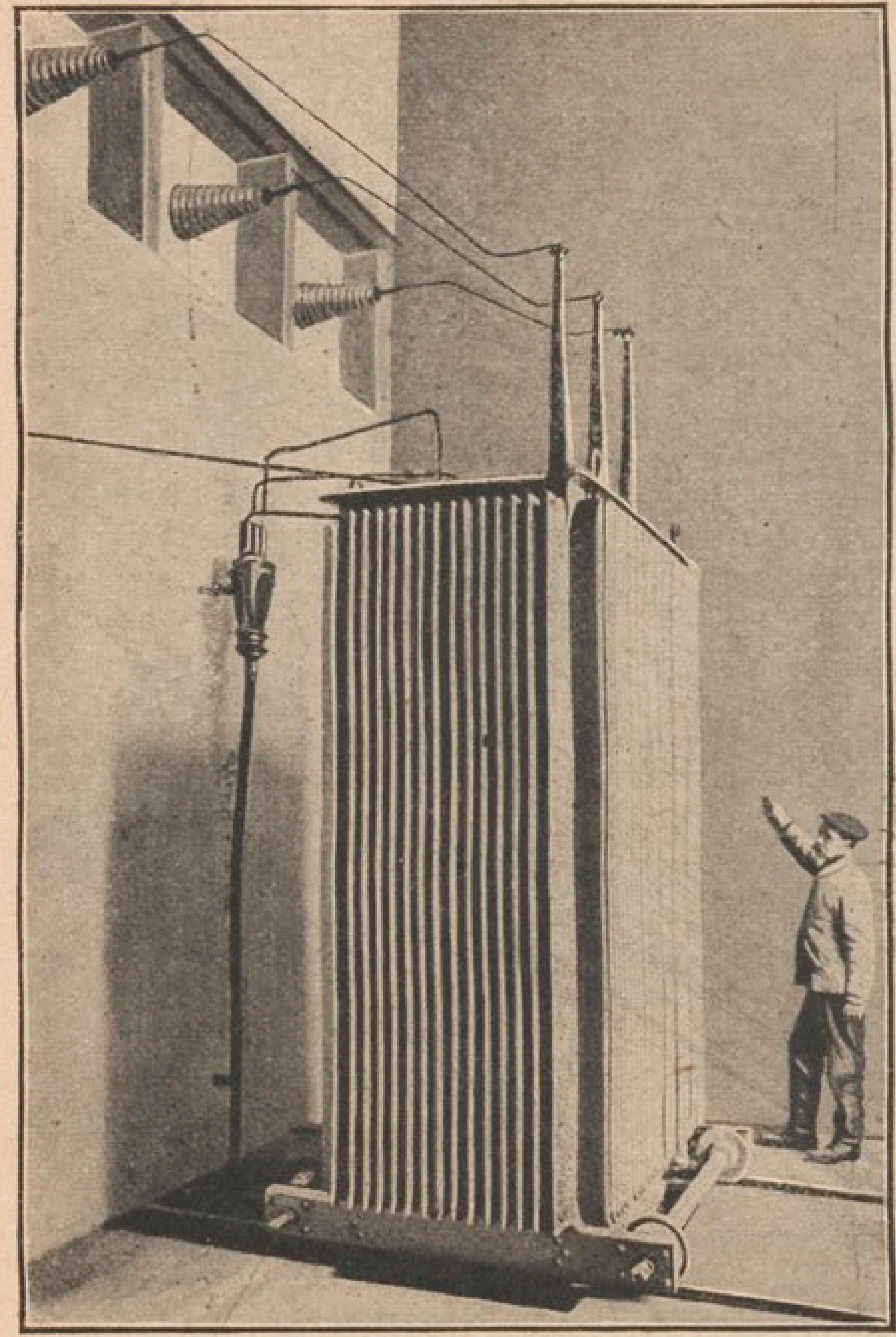
TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ, A BAIN D'HUILE, A REFROIDISSEMENT PAR CIRCULATION D'EAU

La cuve porte des ailettes pour assurer un bon refroidissement.

Théoriquement, le noyau devrait être formé de tôles d'une seule pièce, découpées, par exemple, à l'emporte-pièce, pour constituer le circuit magnétique fermé ; pratiquement, on est obligé d'y renoncer parce qu'alors il faudrait enrouler à la main les bobines tant primaires que secondaires, ce qui donnerait lieu à un travail trop consi-



INSTALLATION DE TRANSFORMATEURS DANS LEUR CUVE D'HUILE, REFROIDIS A L'EAU



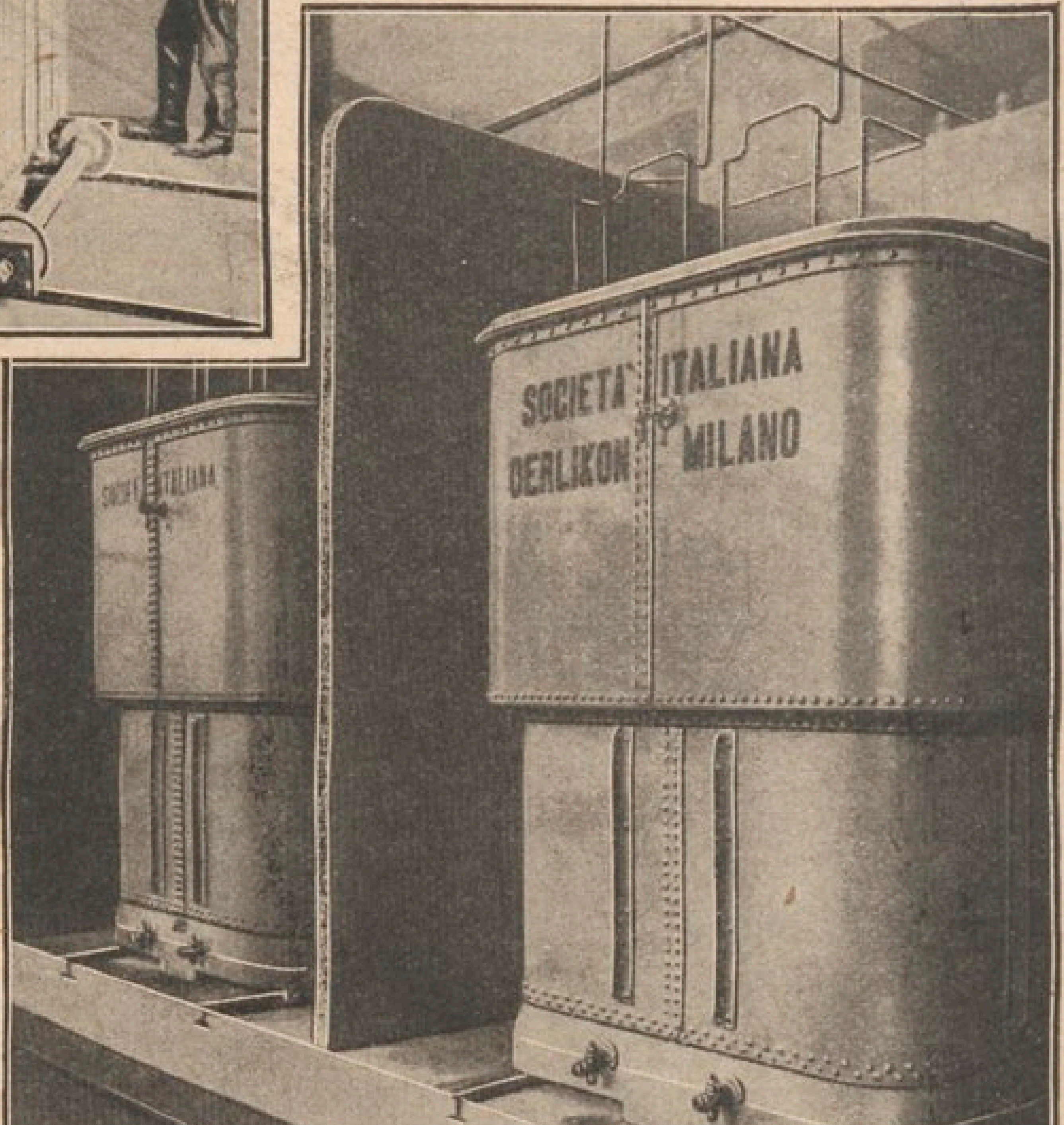
TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ A BAIN D'HUILE, 5.500-65.000 VOLTS

Ce transformateur comporte un dispositif de sécurité à ailettes de refroidissement; il est muni de galets et roule sur des rails.

dérable ; il faut pouvoir construire ces bobines séparément, et les enfiler toutes construites sur le noyau de fer, ce qui exige, à un moment de la construction, un circuit magnétique nécessairement ouvert ; une fois les bobines mises en place, on ferme le mieux possible le circuit magnétique au moyen de culasses ou d'une pièce supplémentaire formant joint, un segment de cylindre, par exemple, constituant un côté du cadre ; lorsque la construction est très bien soignée et que les joints sont parfaitement ajustés, un tel système est pratiquement aussi perméable au flux magnétique que s'il était formé d'une seule pièce.

En général, les bobines destinées à la basse tension et, par conséquent, beaucoup plus faciles à isoler, sont placées immédiatement sous le noyau, et les bobines à haute tension, très soigneusement isolées, les entourent.

Le transformateur Gaulard et Gibbs, qui fut, ainsi qu'on l'a dit plus haut, un des premiers construits à circuit magnétique ouvert, est constitué par deux hélices enroulées autour d'un même noyau de fer ; elles sont confectionnées au moyen de disques minces, en cuivre, ayant la forme d'une couronne circulaire largement coupée en un point, formant ainsi une sorte de collerette, et munie, sur les bords de la coupure, de deux languettes qui servent aux soudures. La languette de droite d'un disque est soudée à la languette de gauche du disque suivant, dont la languette de droite est soudée à la languette de



TRANSFORMATEURS TRIPHASÉS DANS LEUR CUVE A HUILE

(Société italienne pour l'utilisation des forces du Veneto (Vénétie).

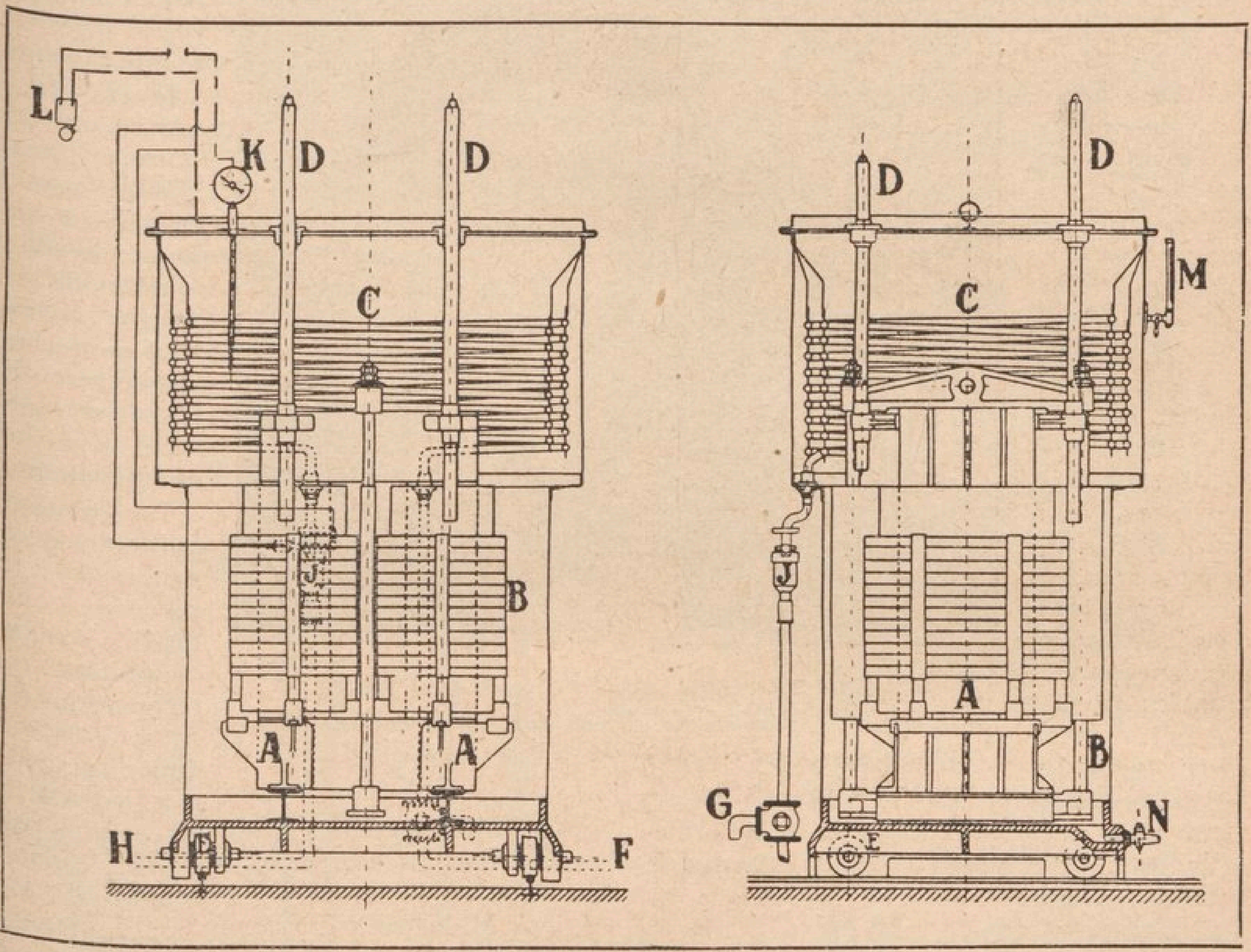
gauche du troisième disque, et ainsi de suite.

De cette manière, on forme une hélice à ruban dont chaque disque représente une spire. Les deux hélices primaire et secondaire sont absolument identiques, et les spires de l'une sont alternées avec celles de l'autre.

L'isolement est obtenu au moyen de disques à couronne circulaire de carton mince enduit de gomme laque. Les disques des deux hélices, et ceux en carton destinés à les isoler, sont montés sur un tube vertical en ébonite, ou autre matière isolante, dans l'intérieur duquel on introduit un noyau cylindrique formé de fils de fer doux. Quatre colonnes métalliques et deux plateaux en bois forment le châssis de l'appareil. Sur le plateau supérieur sont placées les bornes des deux hélices et un commutateur au moyen duquel on peut, à volonté, introduire le transformateur dans le circuit primaire, ou l'ôter et y substituer un court-circuit. Le commutateur peut réunir en circuit simple ou en circuit multiple les parties dont est composée l'hélice secondaire. Un commutateur à fiches, placé sur une planchette en ébonite, se trouve à proximité de l'appareil.

Pour régler la puissance de ce transformateur, on peut introduire plus ou moins, dans l'intérieur des tubes verticaux, le noyau de fer. A cet effet, le plateau supérieur porte une vis latérale à l'aide de laquelle on peut fixer le noyau à toutes les hauteurs.

Il existe deux modèles, un grand et un petit ; dans le premier, l'hélice secondaire est formée de quatre parties égales, que l'on peut réunir à volonté en tension ou en quantité ; dans le second, l'hélice secondaire est composée de deux parties seulement.



COUPE LONGITUDINALE ET COUPE TRANSVERSALE D'UN TRANSFORMATEUR MONOPHASÉ A BAIN D'HUILE, AVEC REFROIDISSEMENT PAR CIRCULATION D'EAU

A, *noyaux des bobines;* B, *montants en fer soutenant la partie supérieure de la cuve;* C, *serpentin;* D, *traversées ou chemin suivi par le fil conduisant le courant de la bobine aux bornes;* E, *galets de roulement;* F, *arrivée de l'eau dans le serpentin;* G, *robinets à trois voies;* H, *sortie de l'eau du serpentin;* J, *dispositif de sécurité;* K, *thermomètre;* L, *sonnerie électrique;* M, *niveau d'huile;* N, *manette que l'on abaisse pour empêcher l'appareil de rouler sur ses galets. Le dispositif de sécurité* J *est destiné à avertir quand l'eau cesse de couler dans le serpentin.*

Les circuits primaires se placent en tension aux bornes d'une machine dynamo à courants alternatifs. L'intensité du courant dans les circuits est maintenue à une valeur constante par l'introduction de résistances contenues dans un *rhéostat* manœuvré soit à la main, soit par le courant lui-même.

Les transformateurs à circuit magnétique ouvert sont aujourd'hui délaissés, et, parmi ceux à circuit fermé, construits vers la même époque que les précédents, on peut citer, outre le Zipernowsky, dont il est parlé plus haut, le transformateur Dick et Kennedy, qui est, comme le précédent, à anneau. Son noyau est formé d'un fer à double T dans le genre de la bobine, ou tambour, de la dynamo Siemens, autour de l'âme duquel on enroule d'abord le fil induit, puis le fil inducteur.

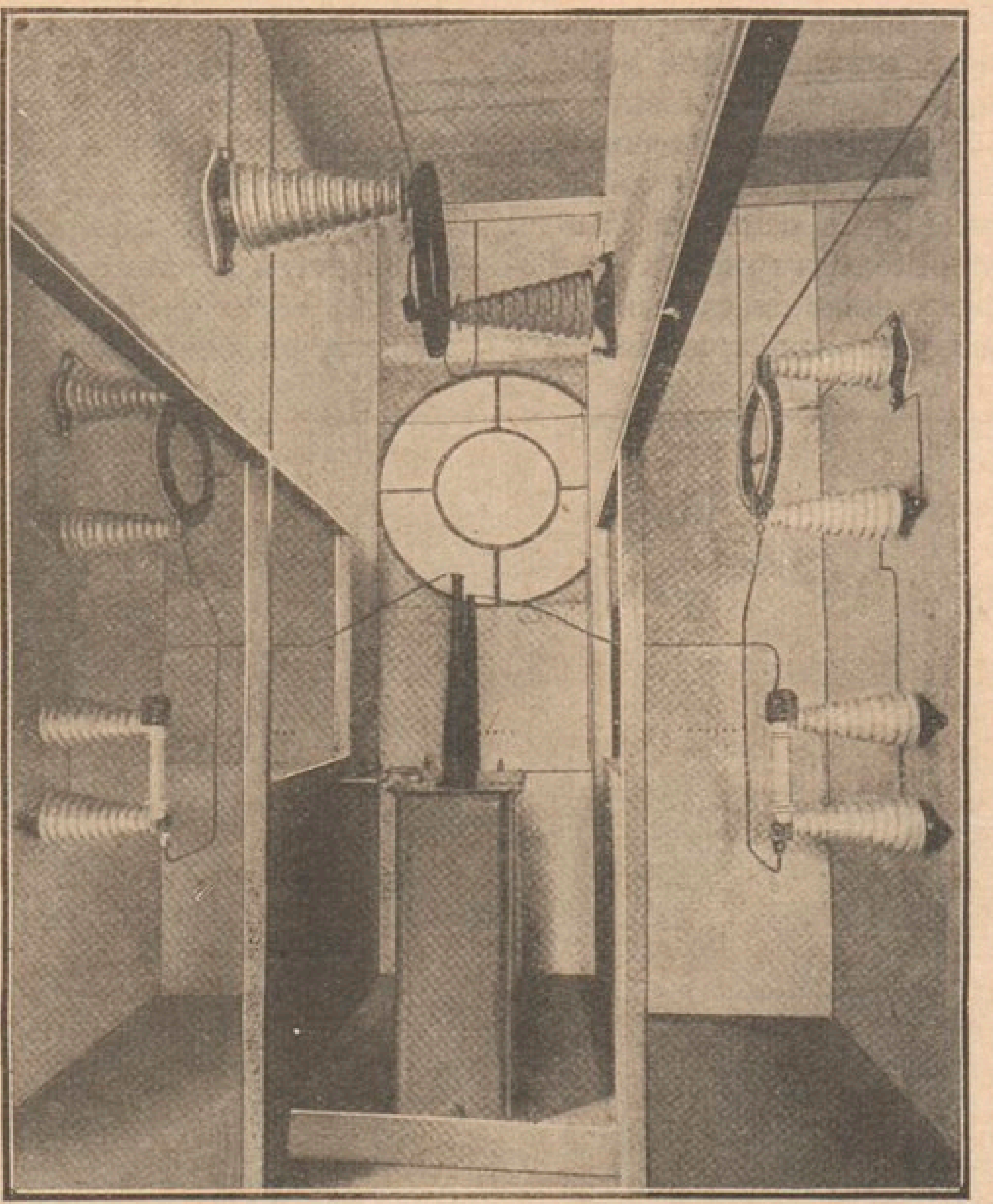
On obtient ainsi un cylindre dont on complète le circuit magnétique par une très forte épaisseur de fil de fer.

Le transformateur Ferranti se compose de lames de tôle mince enfilées dans la bobine formée par les circuits primaire et secondaire, et recourbées par-dessus et par-dessous la bobine ; les bouts des lames se chevauchent et forment un circuit magnétique de tout premier ordre.

Dans le transformateur de la Compagnie Westinghouse, le noyau est formé de tôles minces rectangulaires à travers lesquelles sont enroulés les deux circuits primaire et secondaire.

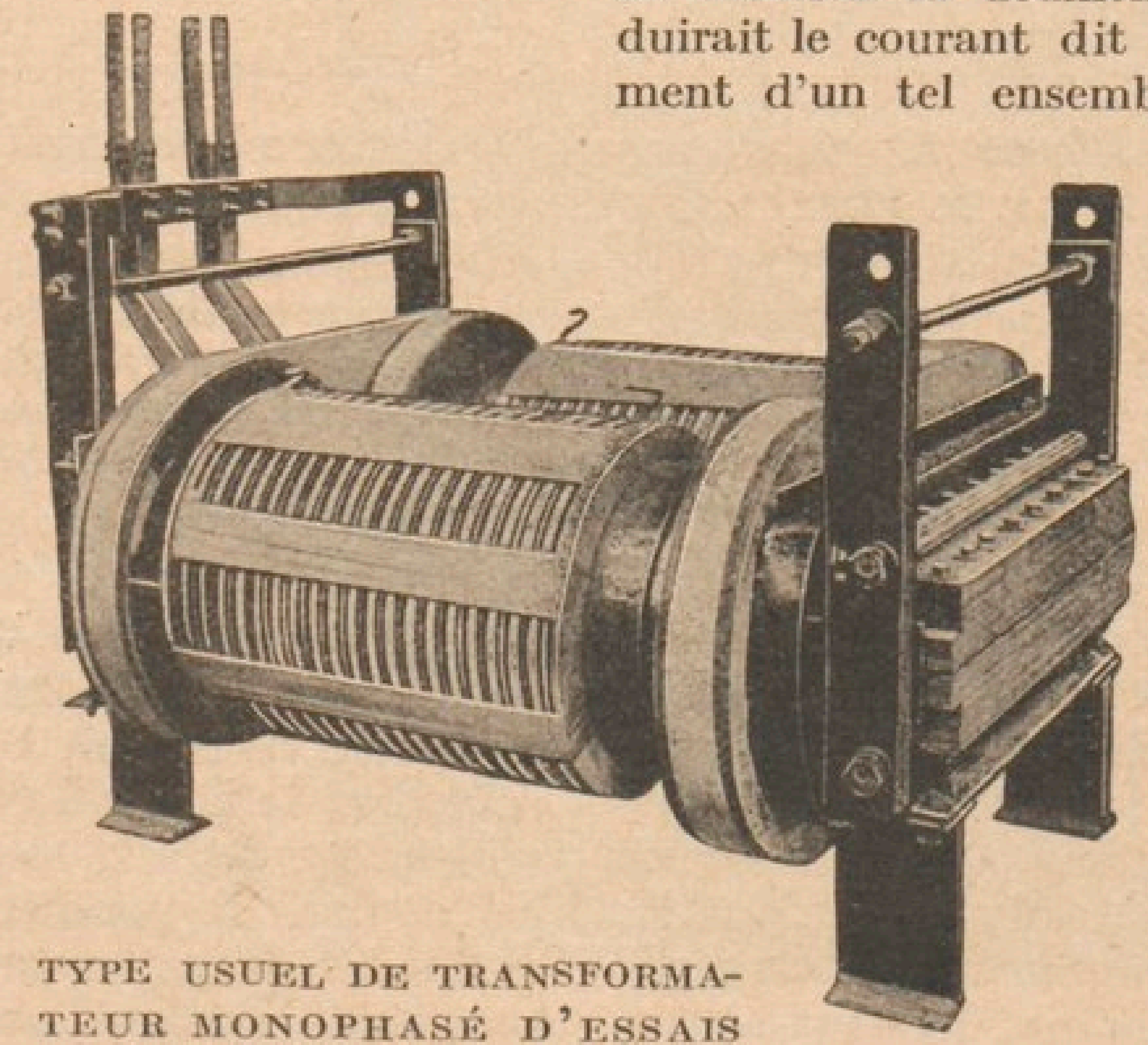
Le transformateur à courant continu le plus simple, du moins comme conception, se composerait de deux dynamos dont on couplerait les axes ; la première machine étant parcourue par le courant dit *primaire*, entraînerait dans sa rotation la deuxième machine qui produirait le courant dit *secondaire*. Le rendement d'un tel ensemble peut s'élever au delà de 80 %. On peut modifier cette disposition en enroulant sur le même *induit* deux circuits, l'un servant de primaire et faisant tourner ledit induit, l'autre remplissant le rôle de circuit secondaire et engendrant, en tournant, le courant secondaire. Chaque circuit a, bien entendu, ses balais et son commutateur.

Comme les deux courants circulent



TRANSFORMATEUR DE MESURE, 65.000 VOLTS

De chaque côté et au-dessus, montés sur bornes isolantes, sont installés des coupe-circuit et des bobines de self-induction.



TYPE USUEL DE TRANSFORMATEUR MONOPHASÉ D'ESSAIS POUR TENSIONS TRÈS ÉLEVÉES (65.000 VOLTS)

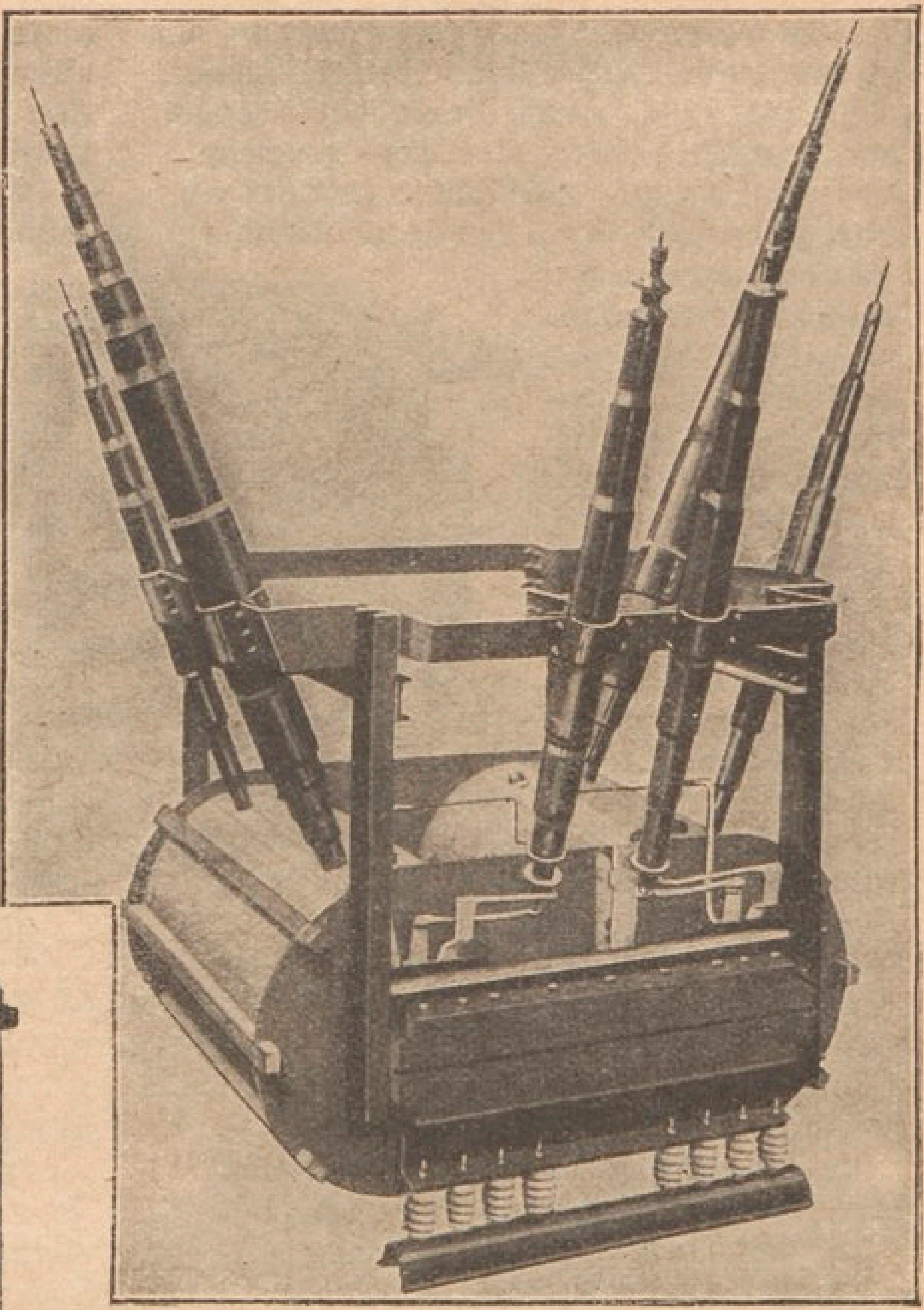
Les bobines de cet appareil sont horizontales.

en sens contraire, les sections magnétiques sont également de sens contraire, et comme, enfin, le nombre d'ampères-tours (c'est-à-dire le produit du nombre de tours de fil par le nombre d'ampères du courant qui le parcourt) est à peu près le même dans chaque circuit, les actions magnétiques se contre-balancent, la réaction de l'induit disparaît presque entièrement, et il n'y a pas de torsion du champ magnétique.

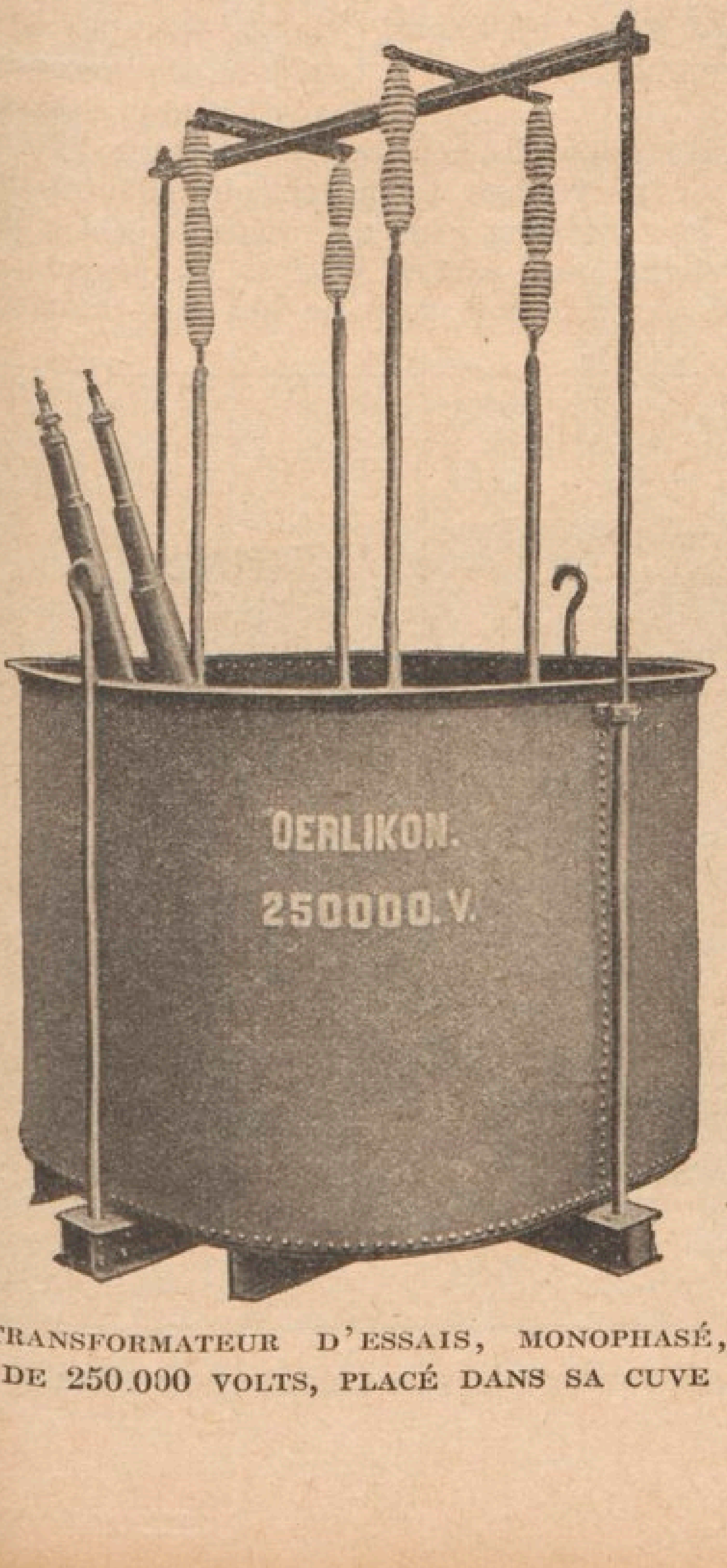
Plusieurs constructeurs ont établi des transformateurs de ce genre, mais, comme ils ne sont plus guère employés, nous nous abstiendrons complètement d'en donner la description. Le cadre de cet article est, d'ailleurs, forcément restreint.

Les modèles de transformateurs que l'on construit actuellement, tous, on l'a dit, à circuit magnétique fermé, sont fort nombreux, chaque constructeur possédant le sien, plus ou moins perfectionné et plus ou moins parfait. Il nous est impossible de les passer tous en revue ; nous nous bornerons à parler de ceux dont nous donnons les photographies.

Les transformateurs statiques, construits normalement par la Compagnie Electromécanique du Bourget, sont presque toujours à noyau de fer, mais ils comportent un grand nombre de types différents. Tandis que les transformateurs pour faibles puissances et basses tensions, sont à refroidissement naturel dans l'air, sans cuve protectrice spéciale, on emploie, de préférence, lorsqu'il s'agit de tensions plus élevées, des transformateurs dans l'huile, celle-ci ayant une rigidité diélectrique supérieure à celle de l'air et maintenant en bon état les isolants solides des enroulements. Pour les grandes puissances, la cuve de refroidissement contient un serpentin assurant le refroidissement de l'huile par une circulation d'eau froide. Une disposition spéciale, quelquefois utilisée,



AUTRE TRANSFORMATEUR D'ESSAIS, MONOPHASÉ, DE 250.000 VOLTS, HORS DE SA CUVE



TRANSFORMATEUR D'ESSAIS, MONOPHASÉ, DE 250.000 VOLTS, PLACÉ DANS SA CUVE

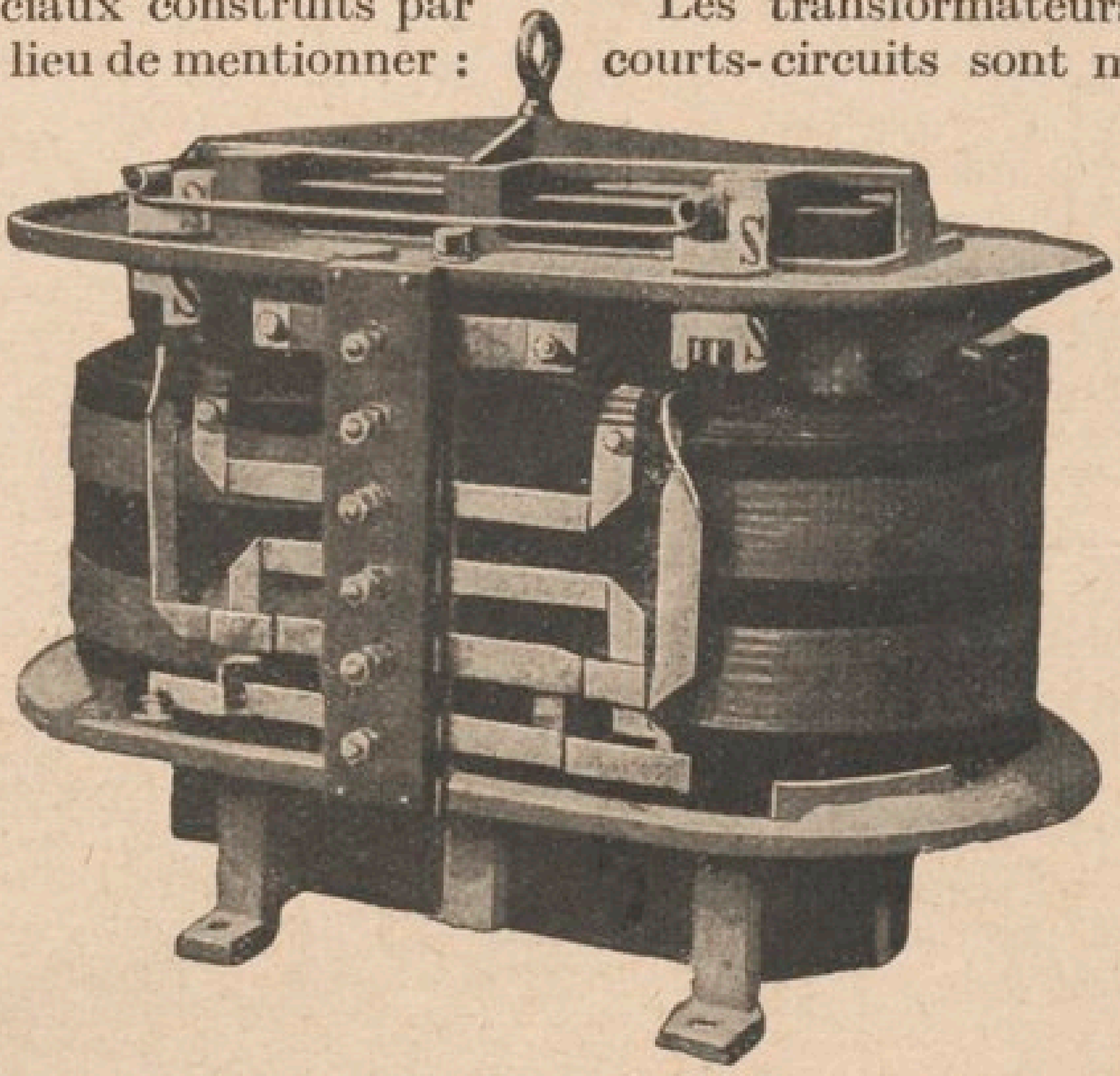
consiste à brancher les transformateurs sur des canaux de ventilation, le refroidissement se faisant alors, dans d'excellentes conditions, par circulation d'air sous pression.

Parmi les types spéciaux construits par ladite compagnie, il y a lieu de mentionner :

Les transformateurs destinés à être montés sur les poteaux des lignes de transport de force électrique ; ils sont protégés contre la pluie ;

Les transformateurs de mesure pour la transformation des courants à haute tension ou des courants de forte intensité en courants convenant spécialement aux instruments de mesure ;

Les transformateurs d'essais donnant des tensions atteignant plusieurs centaines de mille volts pour fabriques de câbles conducteurs ou d'isolateurs ;



TRANSFORMATEUR MONOPHASÉ, RÉGLABLE, POUR LA SOUDURE AUTOGÈNE

Les transformateurs de construction ou de forme spéciales pour fours électriques ;

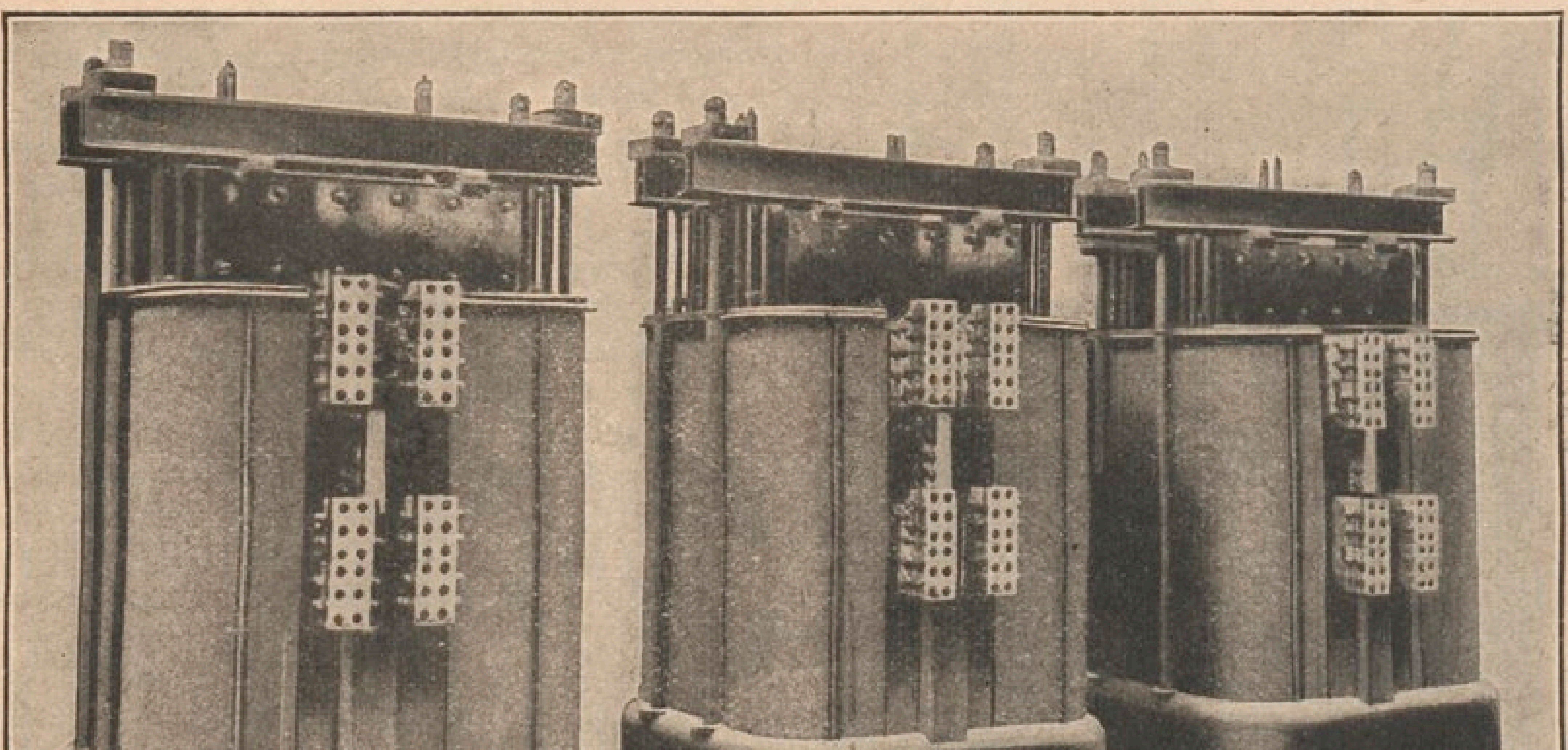
Les transformateurs de réglage ;

Les transformateurs de démarrages pour moteurs asynchrones à induit en court-circuit et permettant le démarrage rapide desdits moteurs sans que l'appel de courant au réseau soit trop élevé.

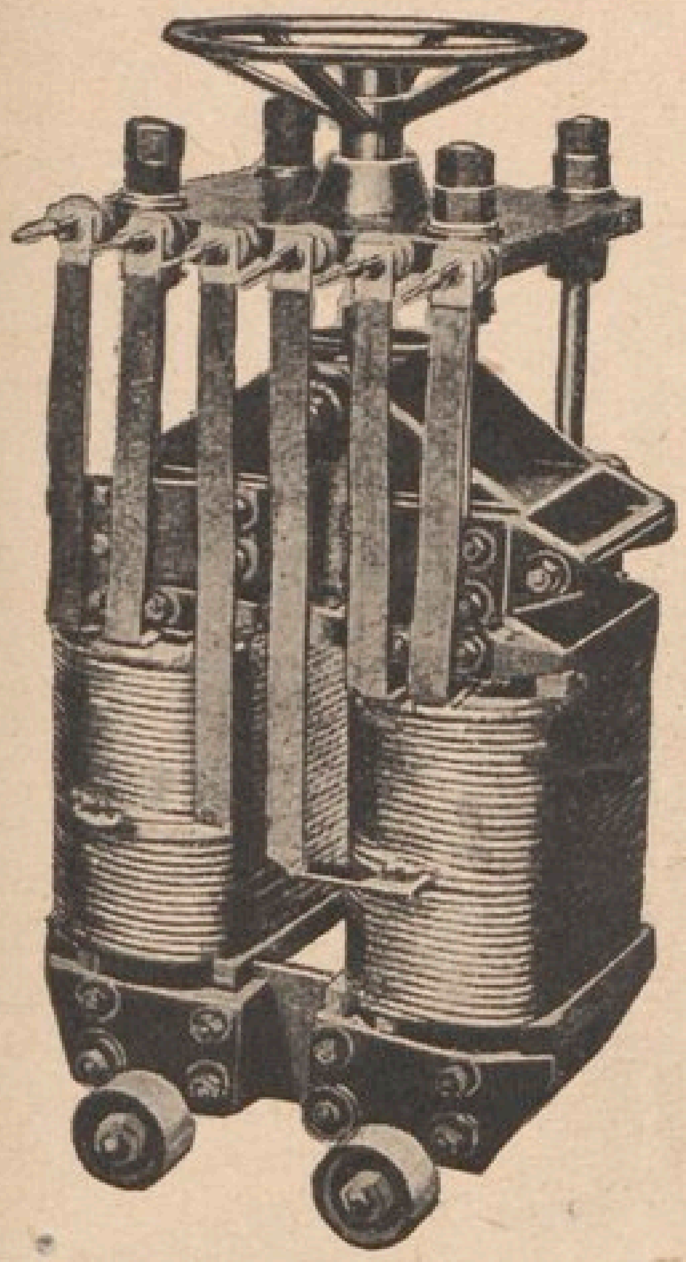
Les transformateurs protégés contre les courts-circuits sont munis d'enroulements spéciaux qui les rendent insensibles aux courts-circuits se produisant sur le réseau ; ces transformateurs sont indiqués dans les exploitations de chemins de fer, laminoirs et services similaires.

Pour les réseaux très étendus, un réglage automatique de la tension dans la station centrale où fonctionnent les générateurs ne suffit pas ; il faut, en outre, installer aux points de consommation du courant des appareils spéciaux permettant d'obtenir un réglage de la tension indépendant des variations plus ou moins sensibles de charge des parties voisines du réseau.

On construit dans ce but des transfor-



TROIS TRANSFORMATEURS MONOPHASÉS SE REFROIDISSANT PAR CIRCULATION D'AIR



TRANSFORMATEUR DE 35.000 VOLTS, A BAIN D'HUILE

mateurs qui rendent possible un réglage graduel, et des régulateurs d'induction qui permettent un réglage continu extrêmement régulier. Les transformateurs de réglage sont des auto-transformateurs avec prises de courant reliées à des interrupteurs à gradins dans l'huile, permettant de mettre hors circuit un certain nombre de bobines du transformateur. Un interrupteur pare-étincelles, monté dans une cuve à huile, empêche les étincelles nuisibles aux contacts de l'interrupteur à gradins. Ces transformateurs sont à commande à main ou automatique.

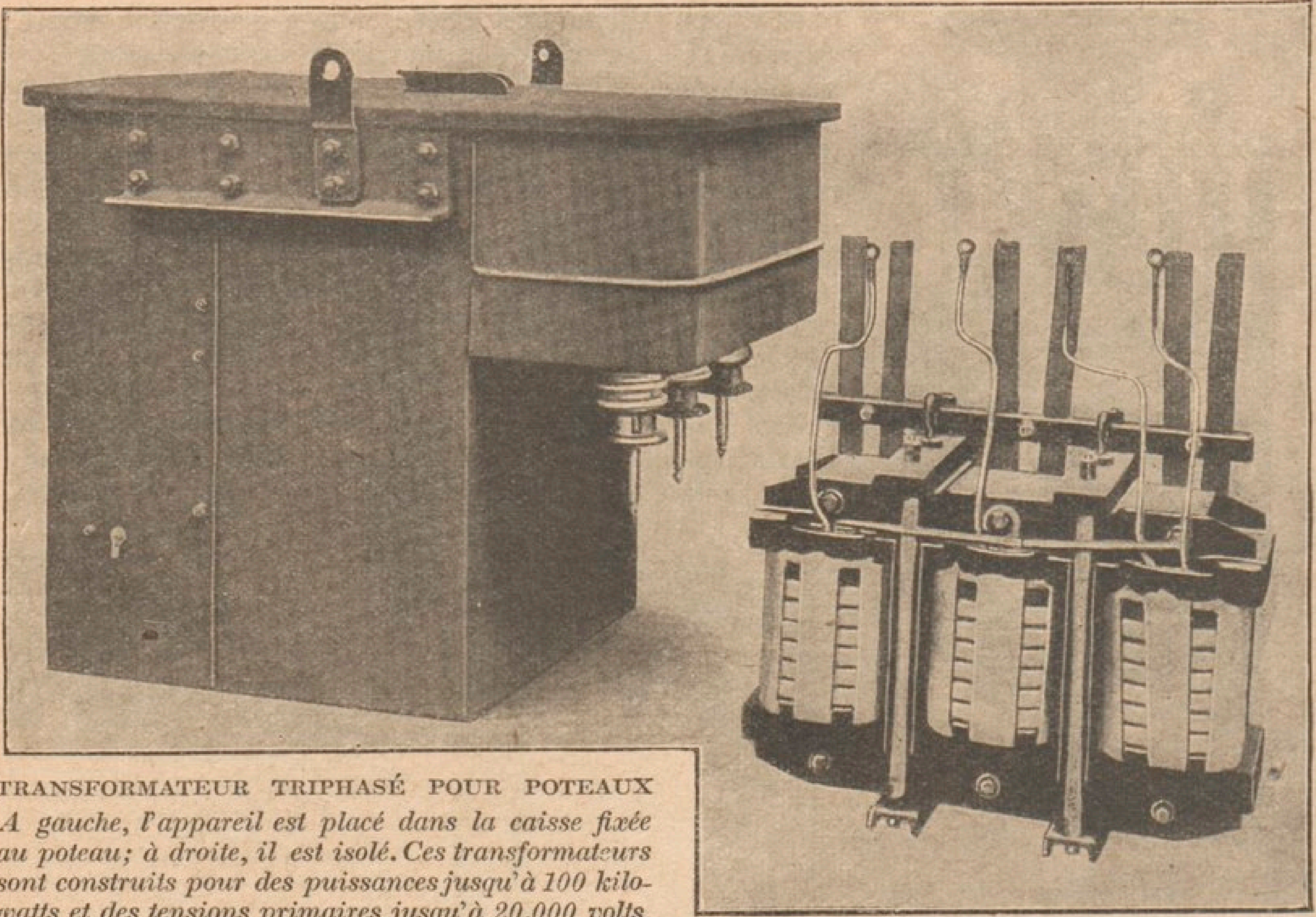
Les inconvénients du réglage graduel sont évités par l'emploi des régulateurs d'induction, dans lesquels le réglage est réalisé par décalage relatif des deux enroulements, soit à la main, soit automatiquement.

Tous les transformateurs de type normal construits par les Ateliers Oerlikon sont à noyaux verticaux, donnant les meilleurs résultats au point de vue de l'intensité de la ventilation naturelle. Pour leur construction, on a tenu compte des expériences les plus récentes faites dans le domaine de l'électrotechnique ; aussi se distinguent-ils par une faible chute de tension, des rendements particulièrement élevés, une construction simple et solide et un poids assez restreint.

Leur « corps de fer » se compose de deux ou trois noyaux verticaux de section rectangulaire, réunis à leurs parties supérieure et inférieure par deux culasses de section semblable. Les noyaux et les culasses sont formés de paquets de tôle de fer de 5 millimètres d'épaisseur, isolés les uns des autres par de minces feuilles de papier imprégné de matière isolante et serrés par des vis soigneusement isolées. Ces paquets sont munis, dans le sens de la longueur, de canaux de ventilation. La culasse inférieure des petits modèles repose sur deux fers profilés,

TRANSFORMATEUR A COURANT TRIPHASÉ, MONTÉ SUR POTEAUX, AVEC ISOLEMENT A L'HUILE

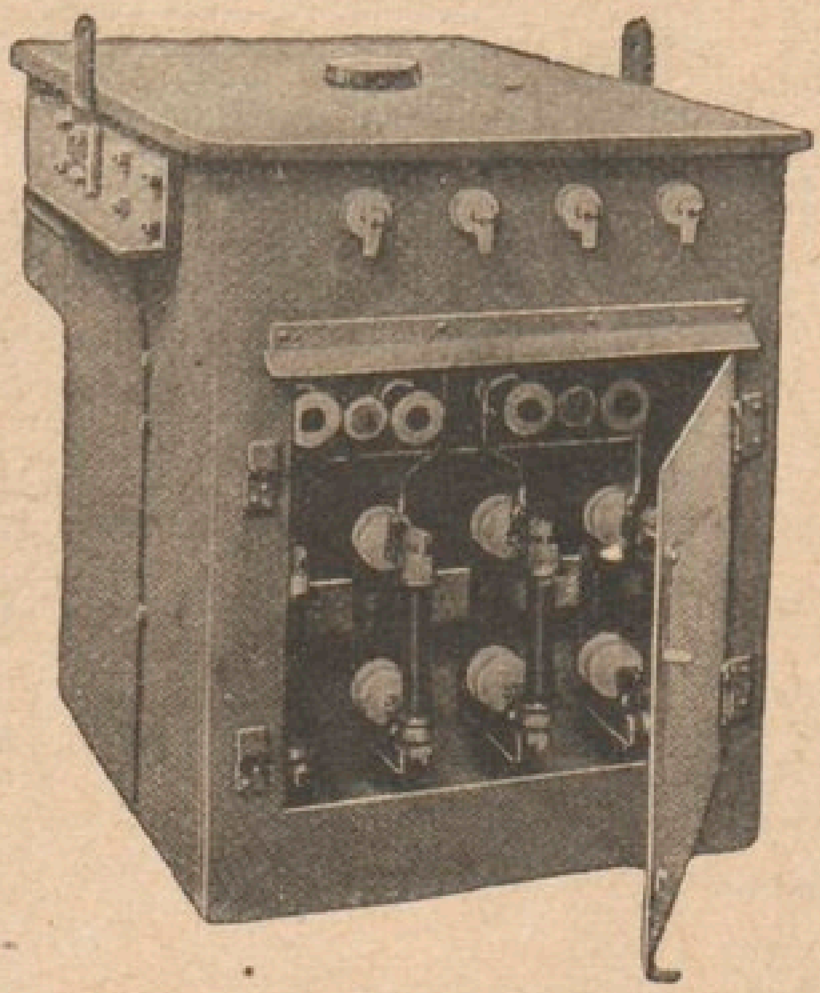
Ce dispositif (système Oerlikon) est employé pour les réseaux à haute tension avec quantité de points de consommation peu importants ; on évite ainsi la construction d'une cabine en maçonnerie ou en tôle, d'un prix toujours élevé.



TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ POUR POTEAUX
A gauche, l'appareil est placé dans la caisse fixée au poteau; à droite, il est isolé. Ces transformateurs sont construits pour des puissances jusqu'à 100 kilowatts et des tensions primaires jusqu'à 20.000 volts.

tandis que les modèles de forte puissance sont munis d'un socle de fonte. Sur les culasses supérieures sont disposées des traverses de fer réunies au pied de l'appareil par des tringles de fer permettant de serrer les culasses contre les noyaux ; elles passent, dans les petits modèles, entre la masse de fer et l'enroulement intérieur et sont isolées dans des tubes de papier comprimé. Dans les grands transformateurs, elles sont montées en dehors de l'enroulement ; pour les hautes tensions, elles sont isolées comme il est dit ci-dessus.

Les bobines de l'enroulement à basse tension sont fixées contre les noyaux. L'enroulement à haute tension est monté concentriquement au premier et en est séparé par un cylindre en micanite ou en papier imprégné, suivant la tension pour laquelle le transformateur est construit. Ce manteau isolant dépasse les enroulements en haut et en bas, d'une quantité suffisante pour empêcher toute décharge intempestive entre les deux enroulements.



TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ POUR BASSE TENSION

Suivant l'intensité du courant, les bobines sont faites avec du fil ou du ruban de cuivre. L'enroulement à haute tension est subdivisé en un certain nombre de sections de 500 volts chacune.

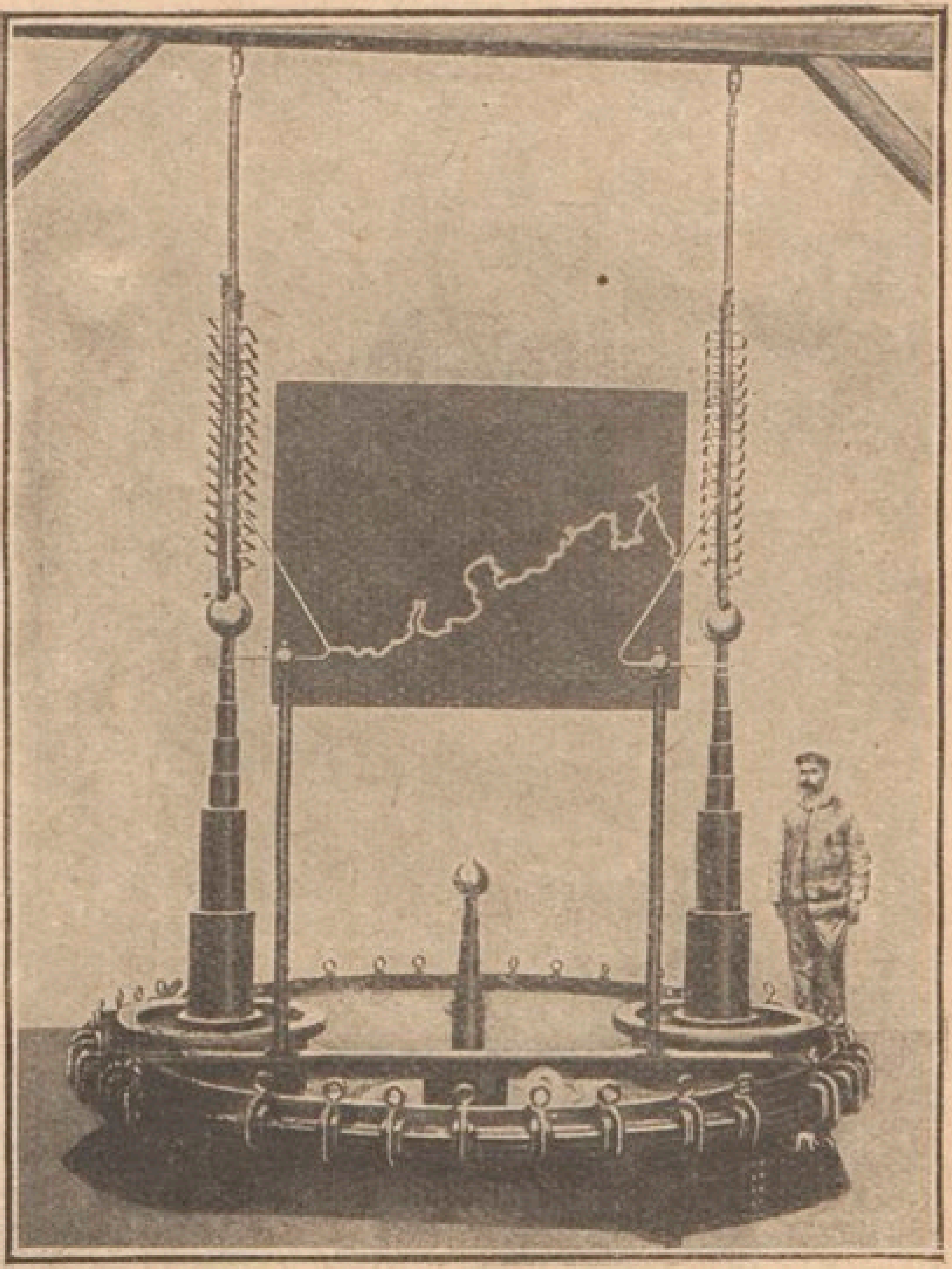
Les bobines des petits transformateurs reposent sur des supports en bois, celles des grands appareils, surtout pour de hautes tensions, sur des cylindres en «presspahn» avec bouts en porcelaine. Elles sont, en outre, suffisamment calées entre elles pour pouvoir supporter, sans déformation, l'effort des forces dynamiques qui se produisent lors des courts-circuits.

Les petits transformateurs monophasés sont à ventilation naturelle ; ceux d'une puissance supérieure, monophasés et triphasés, sont, en général, à ventilation forcée ; ils ne diffèrent des premiers que par la plaque de fondation, qui est munie de pieds élevés permettant à l'air de pénétrer par les côtés ; de plus, ils sont montés sur

des canaux de ventilation alimentés par des ventilateurs. Plusieurs appareils peuvent être disposés sur le même canal ; il suffit de dimensionner celui-ci de manière que la pression de l'air se répartisse uniformément sous chaque plaque de fondation. Il faut, en outre, prévoir des dispositifs d'alarme avertissant dès que l'air de refroidissement vient à manquer ou que la température dépasse une certaine valeur maximum. On peut aussi faire agir ces dispositifs directement sur l'interrupteur de courant, ce qui est très avantageux.

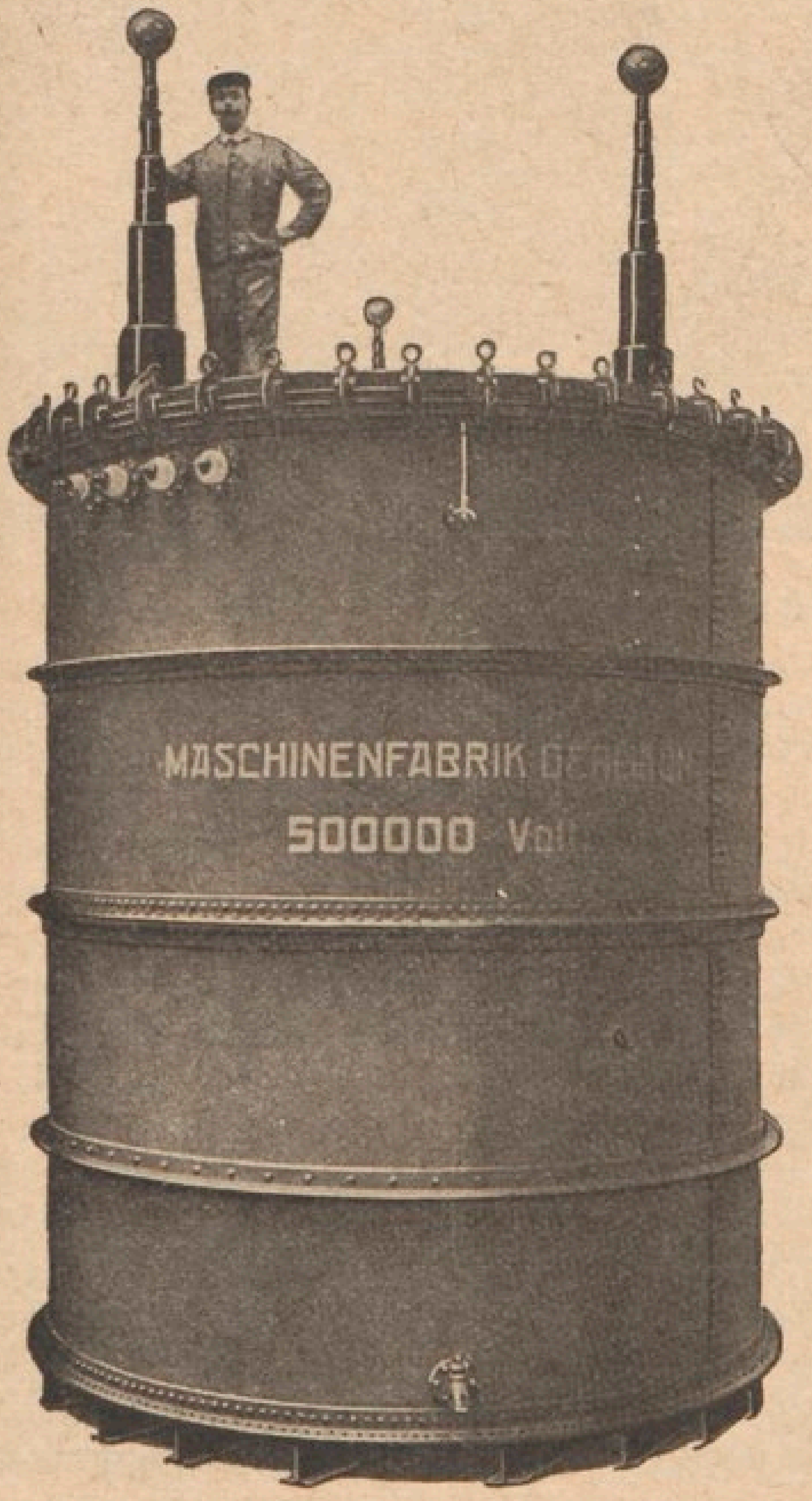
Ces appareils sont construits jusqu'à des tensions de 30.000 volts ; pour des tensions plus hautes, il est préférable de prévoir des transformateurs à bain d'huile. Ils sont alors placés dans une cuve qui se compose d'une chemise en tôle, rivée à sa partie inférieure sur un cadre de fonte muni de galets, et élargie à sa partie supérieure pour recevoir le serpentin, qui sert à la circulation de l'eau de réfrigération. L'avantage principal de cette construction réside dans le fait que le transformateur peut être facilement et rapidement sorti de sa cuve sans qu'il soit nécessaire de démonter préalablement le serpentin, opération toujours longue (Voir la figure en coupe, page 105).

L'eau de refroidissement est introduite dans la cuve à la partie inférieure du serpentin F ; on obtient de cette manière une réfrigération très efficace. Le serpentin baigne entièrement dans l'huile, il est donc impossible qu'il s'y dépose de l'eau de condensation qui pourrait couler dans l'huile et amoindrir l'isolation. Le serpentin est, en outre, formé de tuyaux sans couture, ce qui évite tout raccord de celui-ci à l'intérieur de la cuve et écarte tout danger de fuite. La conduite d'eau est munie d'une valve à trois

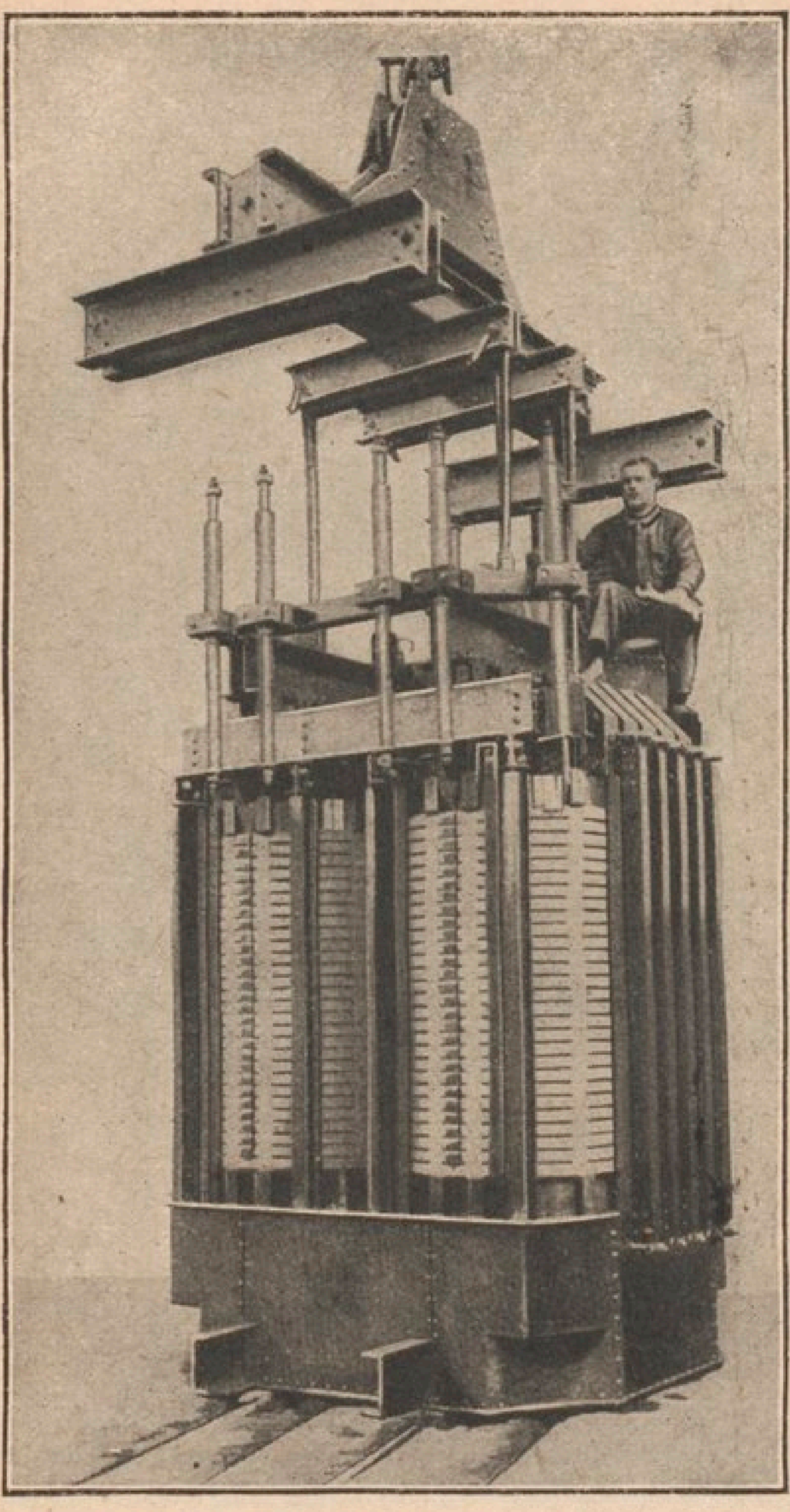


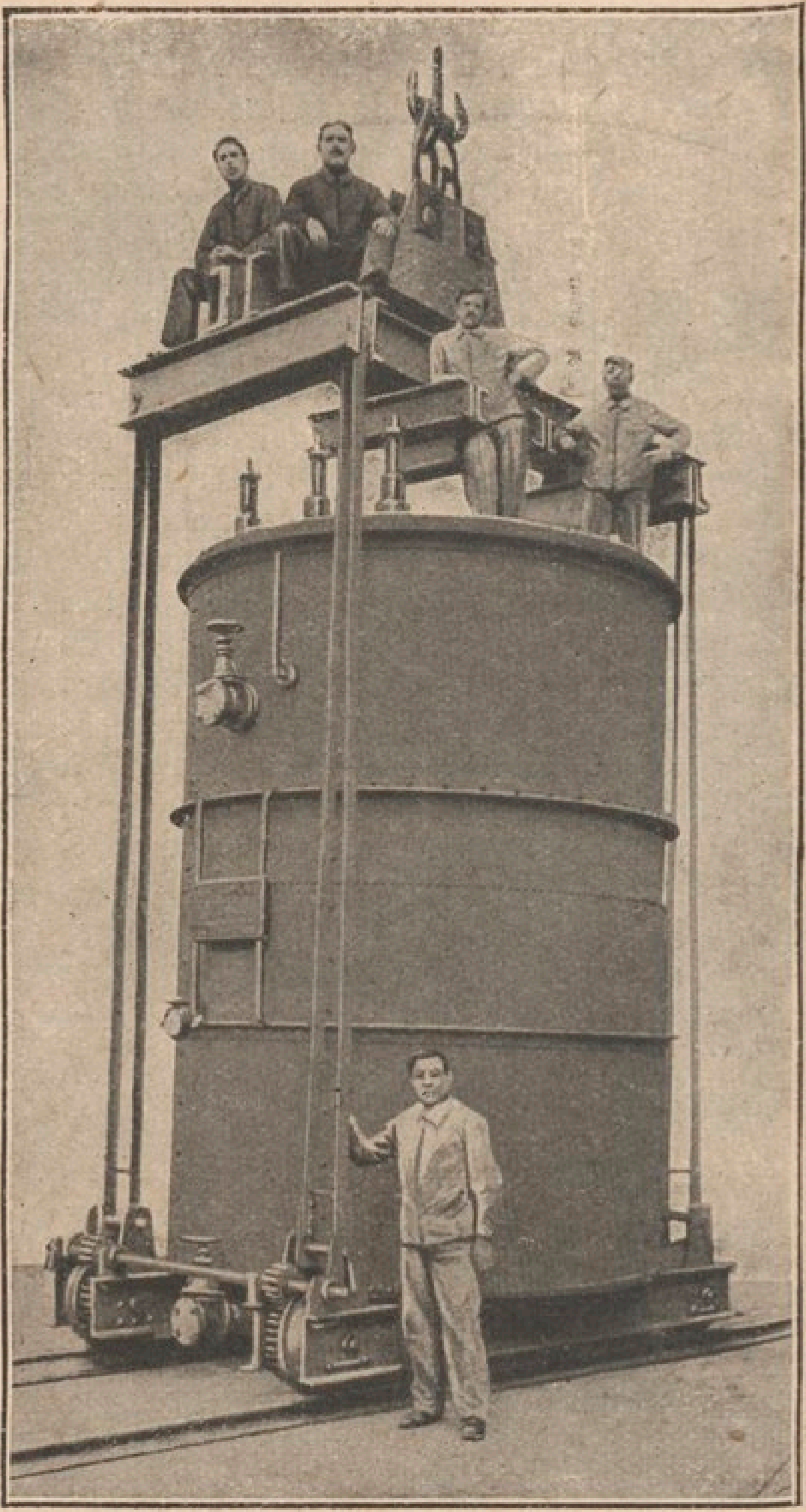
LE TRANSFORMATEUR D'ESSAIS DE 500.000 VOLTS EN FONCTIONNEMENT

On peut produire avec ce transformateur un arc très puissant de 1 m. 60. Il est affecté au laboratoire de recherches pour haute tension des Ateliers Oerlikon : essais de toutes sortes sur du matériel isolant, des isolateurs en porcelaine, des câbles conducteurs, etc., de même que pour des mesures d'isolement sur des machines terminées et à des études sur tous les phénomènes de la haute tension. Sa hauteur, y compris les bornes et les boules d'éclatement, est de 5 m. 75 et son poids de 10 tonnes. La cuve à huile a 3 m. 60 de diamètre et pèse 25 tonnes; elle contient 19 tonnes d'huile.



TRANSFORMATEUR D'ESSAIS DE 500.000 VOLTS PLONGÉ DANS SA CUVE A HUILE





TRANSFORMATEUR DE 65.000 VOLTS (A GAUCHE) ET SA CUVE (A DROITE)

Les appareils sont munis de leur dispositif de levage qui consiste en tiges de fer reliées au sommet par des traverses pourvues d'un anneau qui va s'accrocher au crochet d'un pont roulant. Les tiges longues sont pour soulever l'ensemble de l'appareil, les courtes pour sortir le transformateur de sa cuve.

directions *C* permettant de vider le serpentin. La cuve à huile est aussi munie d'un robinet de vidange. On emploie de l'huile minérale pure ne se décomposant pas, n'épaississant pas pendant le service et ne donnant aucun dépôt lorsque la température ne dépasse pas 80 degrés. Un appareil d'alarme, de construction spéciale, avertit dès que cette température est sur le point d'être atteinte.

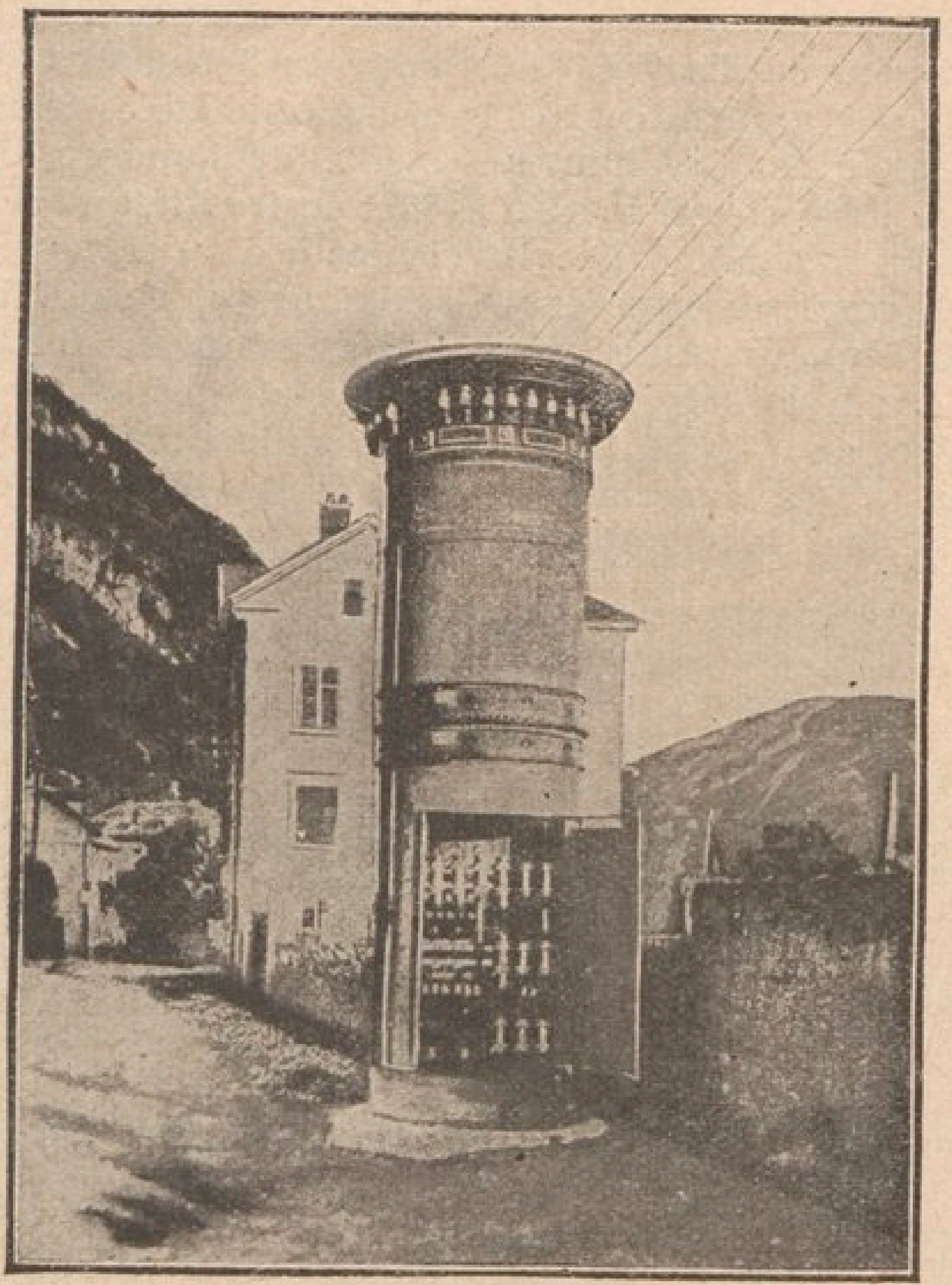
Les transformateurs des Ateliers Oerlikon sont calculés de façon qu'en service continu, à pleine charge, la température du fer ne dépasse pas de plus de 50 à 60 degrés, celle du cuivre de plus de 45 à 50 degrés centigrades, la température ambiante.

Il est important de tenir compte, dans le calcul d'un transformateur, de la destination de ce dernier. En effet, s'il est destiné à l'éclairage, il ne sera que très peu chargé pendant la journée, et ne travaillera à pleine charge que pendant la nuit, tandis que s'il doit servir au transport d'énergie électrique pour force motrice, il travaillera presque continuellement à pleine charge.

Dans le premier cas, il y a donc lieu de le construire de manière que son rendement soit élevé pour les faibles charges ; ce résultat peut être facilement obtenu en réduisant les pertes à vide, c'est-à-dire les pertes dans le fer, au moyen de tôles spéciales. Les pertes dans le cuivre ne jouent, dans ce cas particulier, qu'un rôle secondaire puisque l'appareil ne travaille que peu de temps à pleine charge. Par contre, dans le second cas,

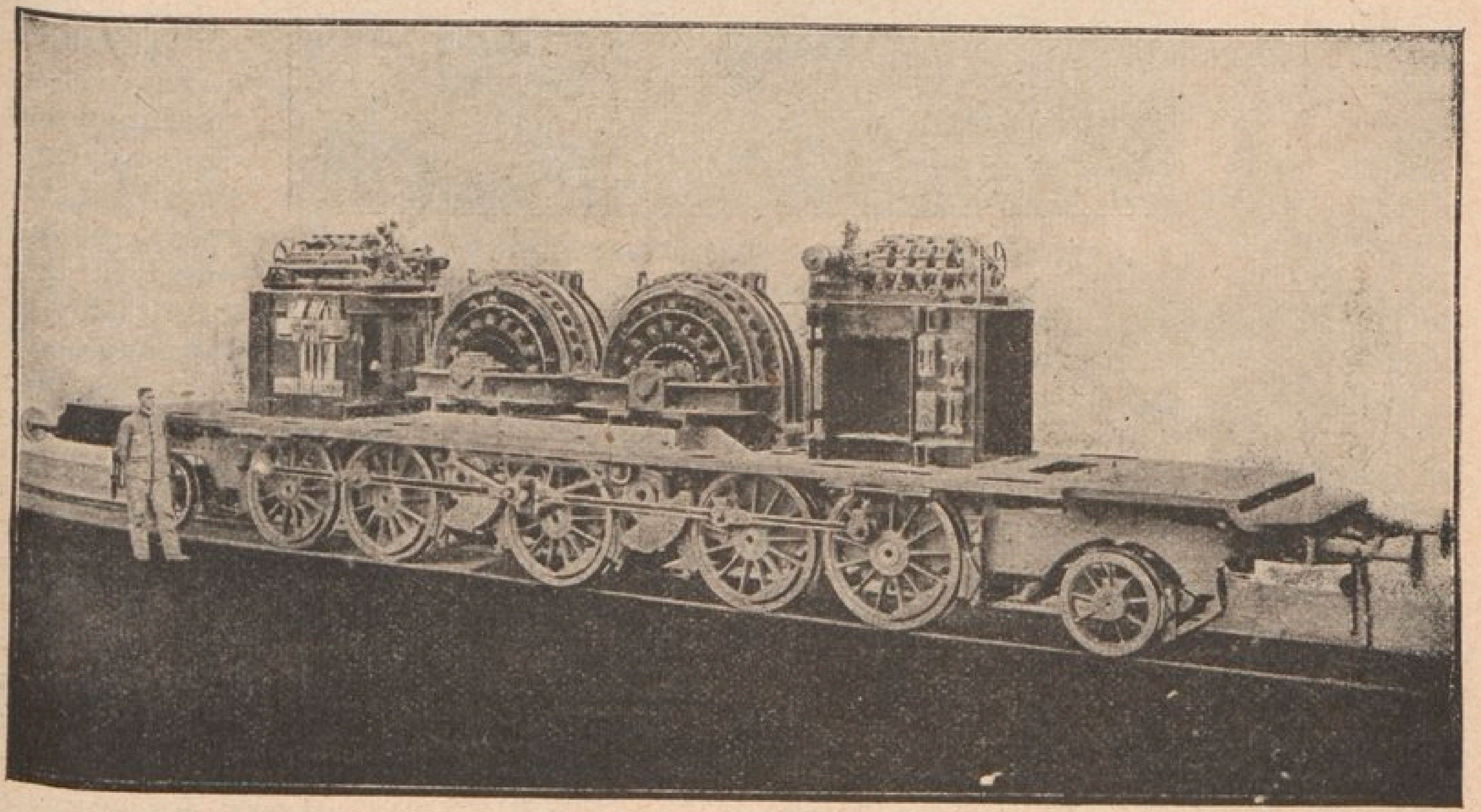
il est nécessaire de prévoir les pertes dans le fer égales aux pertes dans le cuivre ; son rendement doit donc être le plus élevé possible pour la pleine charge, sans toutefois que les pertes à vide n'atteignent une valeur par trop considérable.

D'après les prescriptions en vigueur dans les différents pays, les machines, transformateurs, isolateurs, etc., pour hautes tensions, doivent être essayés à une tension double de la tension normale ; il est donc naturel que les tensions élevées appliquées aujourd'hui dans l'industrie, aient exigé la construction de transformateurs pour plusieurs centaines de mille volts. Ils sont destinés surtout à l'essai d'isolateurs de porcelaine, et ils doivent pouvoir supporter des tensions très élevées, non seulement pendant un temps relativement court, mais encore en service continu. Ceux de la grande usine suisse satisfont pleinement à cette condition. Nous citerons surtout son grand transformateur de 500.000 volts dont la puissance est telle qu'il donne un arc, entre les cornes d'un éclateur, dont la distance d'éclatement peut atteindre jusqu'à 1 m. 60.



TOURELLE DE TRANSFORMATION

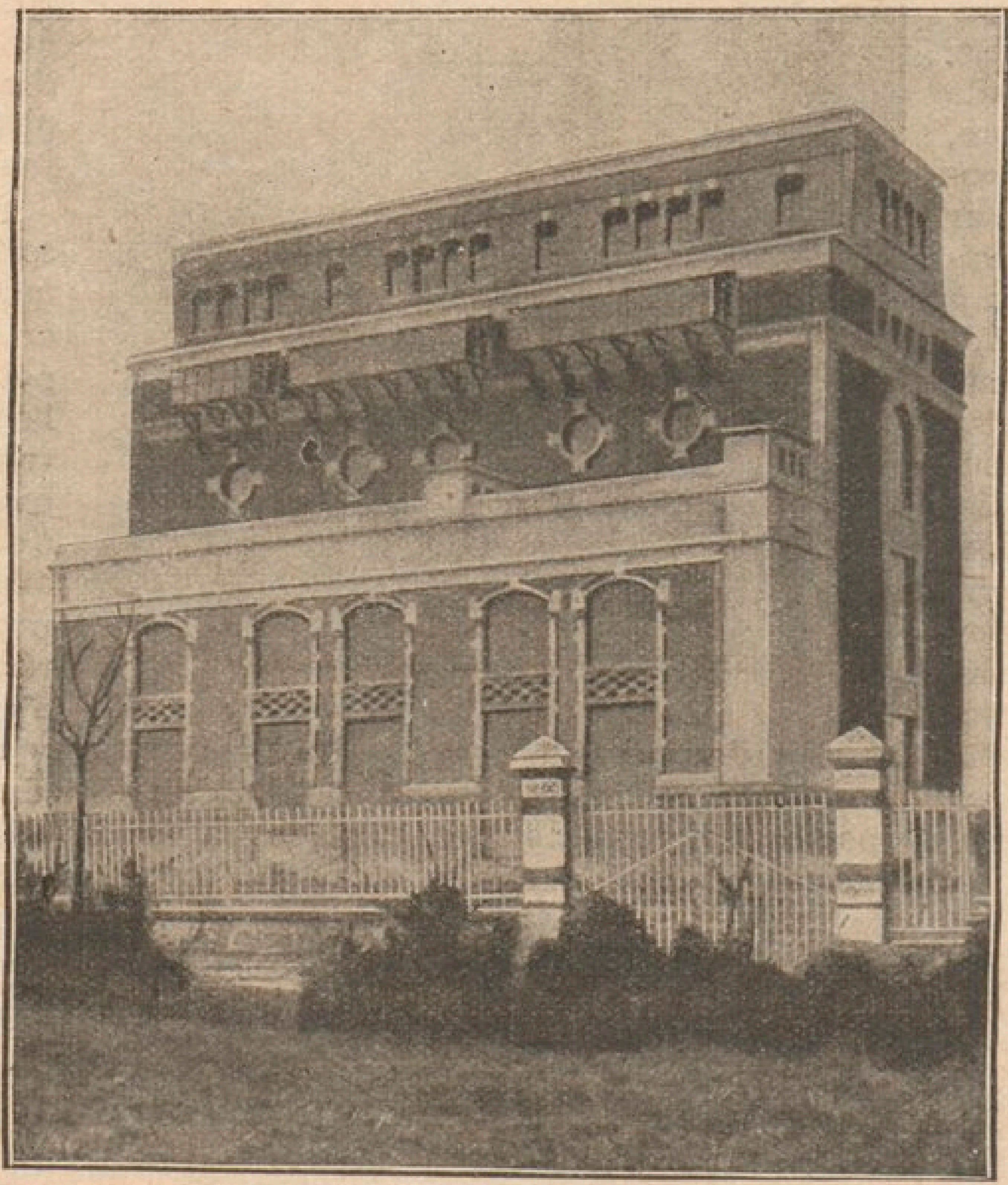
Ces appareils ne servent pas seulement pour les essais, on les utilise aussi pour le transport de l'énergie électrique à très haute tension, qui a fait, au cours de ces dernières années, d'énormes progrès. Après avoir réalisé des transports d'énergie de 100.000 volts depuis longtemps déjà, de 140.000 volts en 1912, au Canada, de 150.000 volts en 1913, en Californie, on est arrivé à une ligne de 250.000 volts, également en Améri-



CHASSIS DE LOCOMOTIVE ÉLECTRIQUE A SEPT PAIRES DE ROUES, AVEC DEUX MOTEURS AU CENTRE ET UN TRANSFORMATEUR A CHAQUE EXTRÉMITÉ

que, qui permet d'atteindre une distance de 1.500 kilomètres. C'est pour l'utilisation des chutes d'eau éloignées des grands centres industriels que l'on emploie ces très hautes tensions qui diminuent les pertes d'énergie dans les câbles conducteurs. Elles nécessitent, on le comprend, des transformateurs d'une puissance particulière. En Amérique, où on fait toujours grand, la fabrique de M. Tordensen, à Chicago, en a établi un de 1.000.000 de volts qui a été expérimenté à San-Francisco. En voici la description très résumée :

Son enroulement primaire, qui comprend 122 bobines, disposées en série, est alimenté par un courant alternatif a 2.200 volts, à la fréquence de 60 périodes par seconde. L'enroulement à haute tension est formé de 190 bobines, disposées également en série. Le tube isolant en papier, entre le primaire et le secondaire, a des dimensions peu communes, soit 2 m. 70 de long, 1 m. 20 de diamètre et 18 centimètres d'épaisseur ; son poids est de près d'une tonne ; il a présenté d'assez sérieuses difficultés de fabrication.



UN POSTE DE TRANSFORMATION MONUMENTAL

L'appareil a été placé dans un réservoir en béton, rempli d'huile minérale, et on a installé auprès du bâtiment qui l'abrite un écran électrique analogue à une antenne employée dans la télégraphie sans fil. Cet écran, supporté par quatre poteaux et isolé convenablement du sol, a été mis en contact direct avec la borne de haute tension.

On a pu faire ainsi de nombreuses expériences, et celles effectuées le soir présentaient le plus d'intérêt. On a essayé d'abord d'établir de grands arcs directement avec la terre, mais on n'a pas pu y parvenir, et l'on obtenait, au lieu d'arcs, des décharges intenses et de formidables étincelles de 20 à 25 centimètres de diamètre. On estima, d'après leur effet destructif, qu'elles devaient être équivalentes à des décharges de plus de 2.225.000 volts, ce qui ne s'était point encore vu.

Le champ électrostatique, au cours de ces expériences, était si intense qu'un tube à vide s'illuminait et que des étincelles pouvaient être tirées des corps métalliques isolés du sol. Les décharges que l'on pouvait ainsi produire en se servant des épingles à cheveux, des broches, etc., portées par les dames présentes, étaient très pénibles à supporter, et, au voisinage du transformateur en action, les genoux des spectateurs fléchissaient sous l'action de ce vaste champ électrostatique.

Pour des potentiels de 500.000 volts seulement, l'énergie électrostatique faisait, à chaque changement de sens du courant, trembler les cannes et les parapluies à une distance de 12 à 18 mètres des fils de haute tension, et, la nuit, les gouttes de pluie apparaissaient, à la lumière intermittente de 120 périodes par seconde, comme des fils d'argent de la longueur d'un pouce.

Les ingénieurs-électriciens ont assurément une connaissance assez précise de l'énergie qui peut être accumulée dans un circuit magnétique ; mais les constatations faites au cours de ces expériences ont, pour la première fois, permis d'apprécier matériellement la quantité d'énergie qui pouvait être dépensée dans un champ électrostatique.

CARLE JOUBAULT.

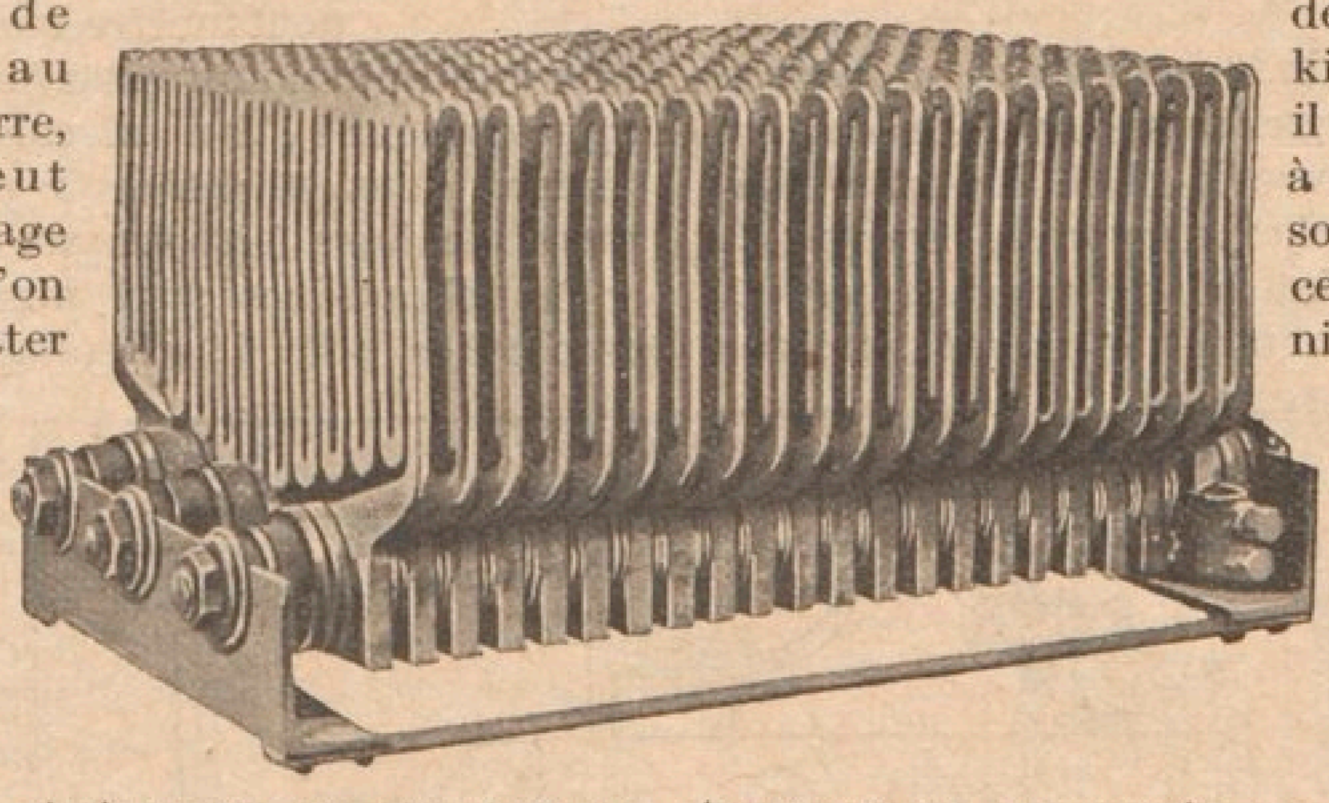
Les photographies qui accompagnent cet article, sauf les sept premières, nous ont été gracieusement communiquées par la Société des Ateliers Oerlikon, ce dont nous la remercions.

LE CHAUFFAGE PAR L'ÉLECTRICITÉ DES CHAUDIÈRES A VAPEUR ET DES LOCAUX INDUSTRIELS

Par Gaston FEUCHEROLLES
INGÉNIEUR ÉLECTRICIEN

Le chauffage électrique fait d'incessants progrès. Introduit d'abord dans nos habitations pour remplacer le charbon qui salit tout et le gaz malodorant, employé, en outre, aux préparations culinaires à cause de sa commodité et de sa propreté, il se fit, certes, apprécier, mais on le considéra longtemps comme un luxe coûteux. Les appareils permettant son utilisation étaient d'ailleurs d'un prix relativement élevé qui éloignait d'eux la grosse masse des consommateurs.

La pénurie de combustible, au cours de la guerre, fit que l'on eut recours au chauffage électrique, et l'on finit par constater que, pour de nombreuses applications, il présentait, sur les procédés de chauffage employés jusqu'à présent, de réels avantages, tels que la possibilité de la production de chaleur à l'instant et au lieu même de son emploi, un réglage facile, une diminution des pertes quand les appareils ne sont pas en service, enfin une plus ou moins grande économie quand les prix des charbons sont trop élevés, comme c'est le cas en ce moment.



ÉLÉMENTS DE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE COMPOSÉS DE SÉRIES DE RÉSISTANCES EN FONTE SPÉCIALE, POUR INSTALLATIONS INDUSTRIELLES

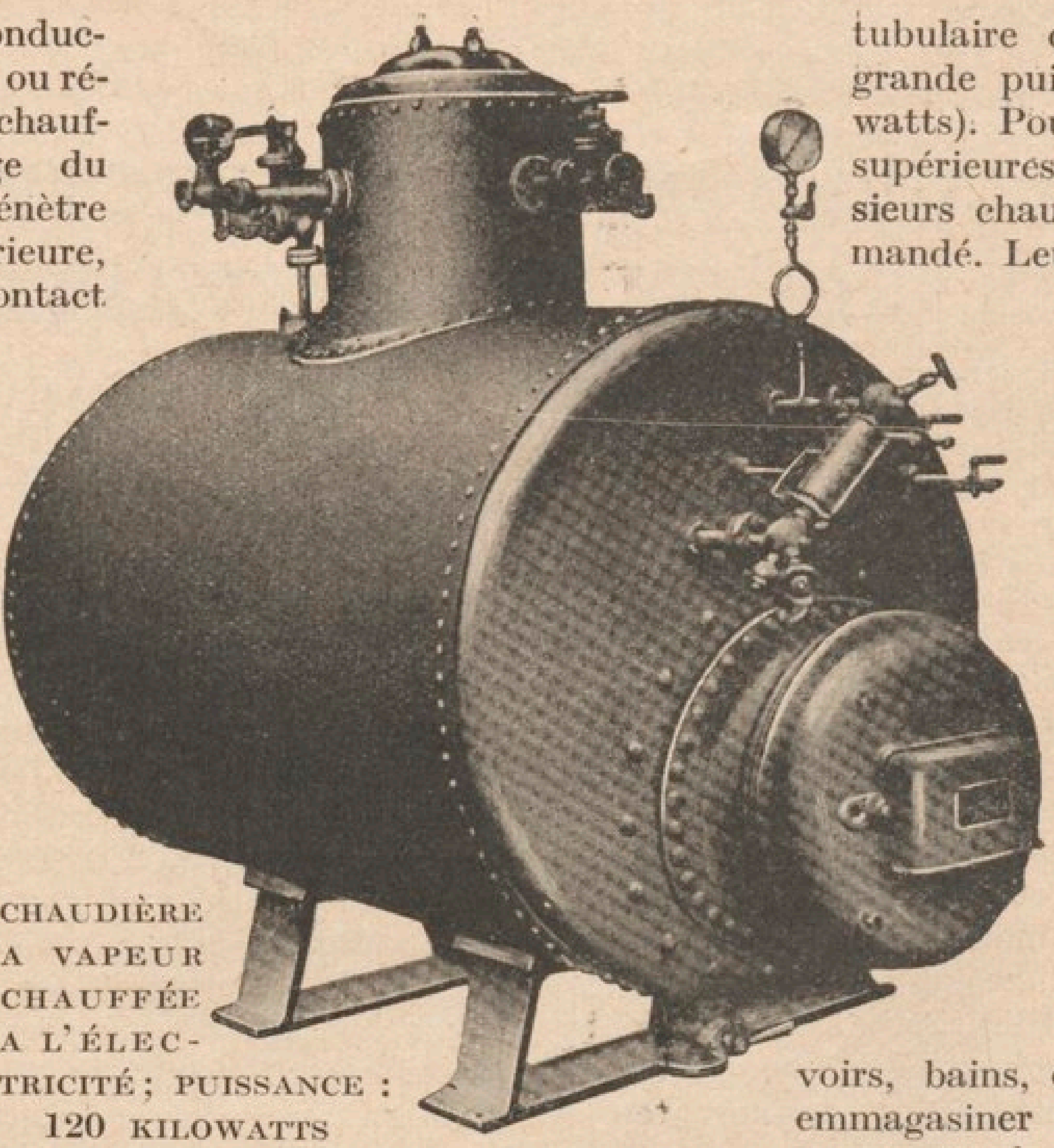
En effet, l'économie du chauffage électrique, dit M. l'ingénieur Rudgers, qui a fait sur ce sujet une remarquable étude que nous résumerons ici, ne dépend pas seulement, ainsi que beaucoup le croient, du rapport entre le prix du charbon et celui du kilowatt-heure. Tandis que la combustion de 1 kilogramme de charbon produit 7.000 calories en moyenne, la transformation en chaleur de 1 kilowatt-heure n'en fournit que 860. Théoriquement, il faudrait donc 6 kilowatts-heure pour remplacer 1 kilogramme de charbon ; en pratique, il n'en est pas ainsi, car l'usage a montré que, par suite du meilleur rendement et d'une utilisation favorable, surtout dans le cas d'un service intermittent, il est rare qu'il faille plus de 5 kilowatts-heure pour remplacer 1 kilogramme de charbon. Le plus souvent, ce chiffre ne dépasse pas 3 à 4 kilowatts-heure, et il y a des cas où 1 à 2 kilowatts-heure sont seulement nécessaires pour obtenir un résultat identique à celui de 1 kilogramme de charbon.

Si bien que l'on s'est avisé d'utiliser le chauffage électrique, non plus seulement pour les modestes applications domestiques ou culinaires, mais aussi pour les besoins divers de l'industrie, et l'on a créé, dans ce but, des appareils entièrement nouveaux, dont nous allons donner la description.

Ils sont de diverses sortes, suivant les usages auxquels on les destine, et on les divise en plusieurs groupes : appareils pour le chauffage de l'eau (ou de tout autre liquide) pour la production de la vapeur, pour la production d'air chaud, pour la production de chaleur dans certaines machines, pour le chauffage direct d'un local quelconque.

Les premiers sont, généralement, des chaudières tubulaires à circulation. Les tubes

renferment les conducteurs électriques, ou résistances, qui s'échauffent au passage du courant. L'eau pénètre par la partie inférieure, s'échauffe au contact de la paroi des tubes et sort à la température voulue par la partie supérieure. Les tubes sont fixés sur une plaque spéciale et l'ensemble peut être sorti de la chaudière pour permettre le nettoyage et le détartrage, au moyen d'un racloir approprié.



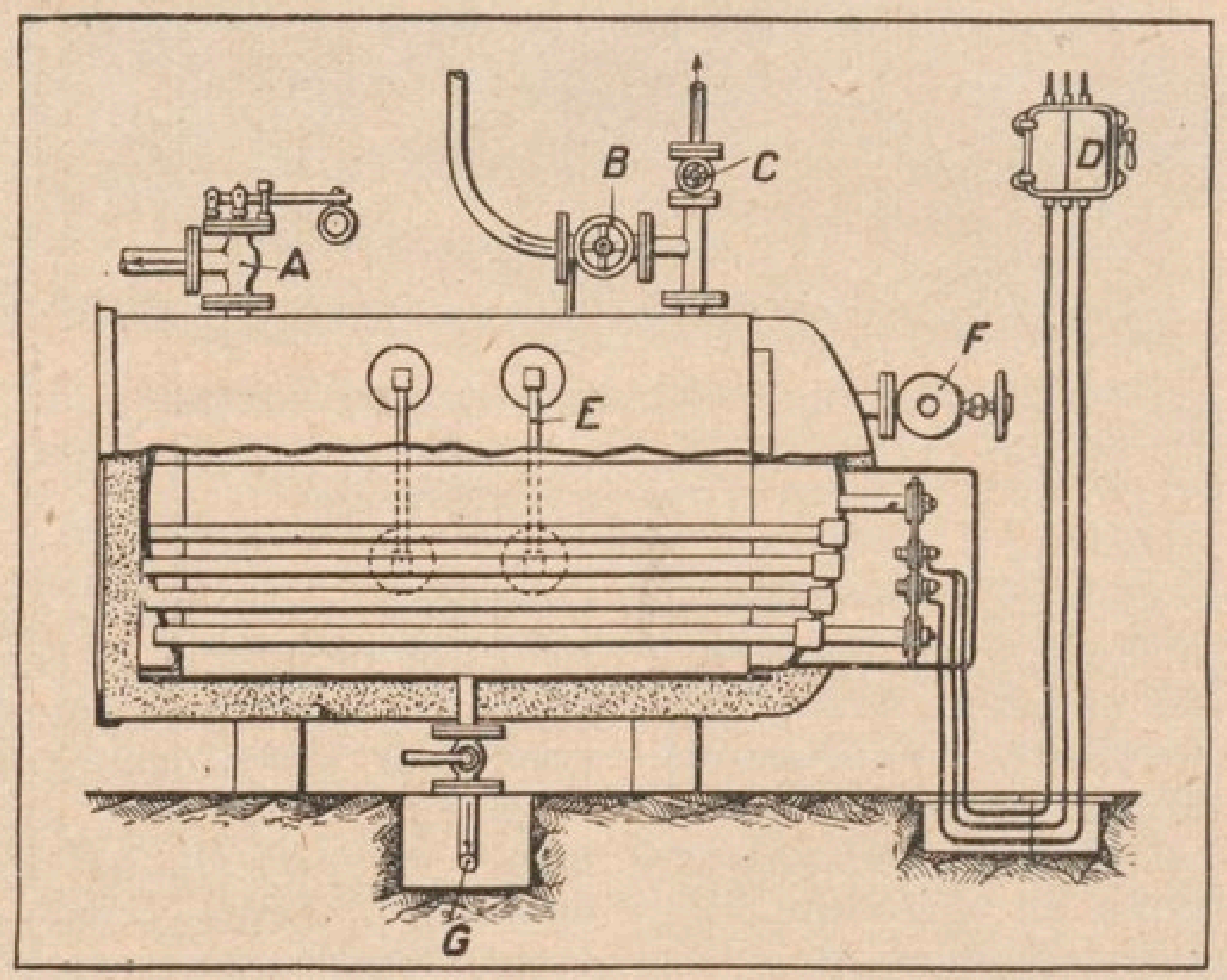
CHAUDIÈRE A VAPEUR CHAUFFÉE A L'ÉLECTRICITÉ ; PUISSANCE : 120 KILOWATTS

Dans le but d'assurer automatiquement une limitation de la température, on dispose une tige métallique dans un récipient en communication avec la chaudière. La dilatation de cette tige provoque, lorsque la température atteint ou dépasse un certain degré, le déclenchement d'un interrupteur électrique et limite la température de l'eau. Dans le cas de petites installations, on peut également prévoir un réenclenchement automatique dès que la température baisse au-dessous d'un certain chiffre.

Le schéma de la page 117 représente, en coupe, une chaudière électrique de ce genre (de 100 kilowatts), et celle de la page suivante montre un faisceau tubulaire d'un appareil de grande puissance (300 kilowatts). Pour des puissances supérieures, l'emploi de plusieurs chaudières est recommandé. Leur dimension est faible : 1 m. 50 de hauteur et 0 m. 50 de diamètre pour celle de 100 kilowatts.

Les chaudières de ce système sont principalement employées au chauffage de l'eau dans les brasseries, teintureries, usines de produits chimiques ou autres, hôtels, lavoirs, bains, etc... Si on veut emmagasiner l'eau chaude, on peut mettre la chaudière en communication avec un réservoir de contenance appropriée. Si l'eau est calcaire,son échauffement dans ce réservoir peut très facilement se faire au moyen d'un serpentin.

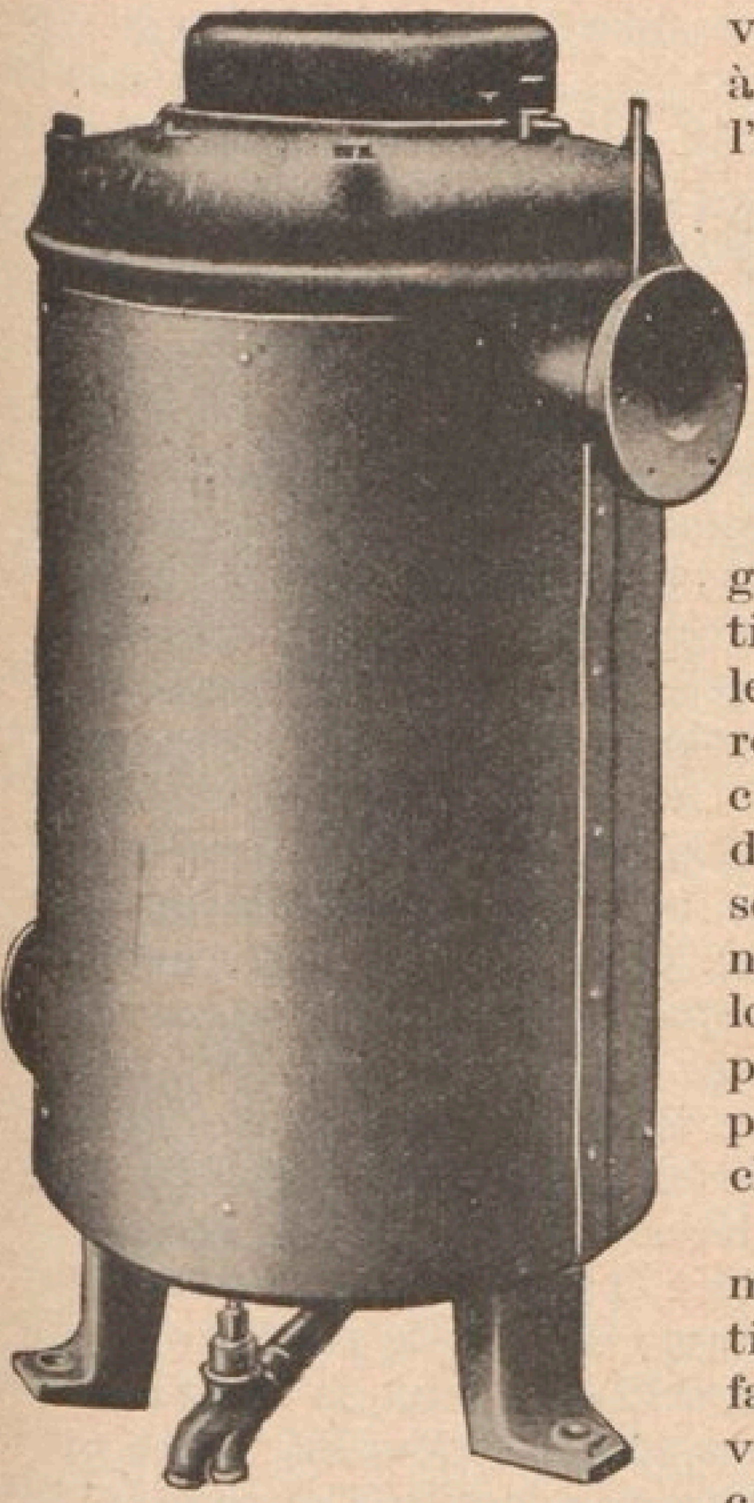
Ces chaudières sont aussi fréquemment employées pour le chauffage central d'immeubles, de bureaux de fabriques. Elles peuvent être mises en service parallèlement avec des chaudières à feu de charbon ou de coke, comme on peut le voir sur la figure de la page 119, qui représente une installation de ce genre.



CHAUDIÈRE ÉLECTRIQUE GARNIE DE CALORIFUGE POUR PRODUCTION DE VAPEUR A UTILISATION RETARDÉE

A, *soupape de sûreté;* B, *vanne de prise de vapeur;* C, *vanne pour l'échappement de l'air à la mise en marche;* D, *boîte de manœuvre;* E, *indicateur de niveau d'eau;* F, *soupape ou valve d'alimentation;* G, *robinet de vidange.*

Les mêmes radiateurs tubulaires, que l'on appelle aussi radiateurs immergés, peuvent aussi être placés directement dans le réser-



CHAUDIÈRE ÉLECTRIQUE VERTICALE

L'eau froide entre par l'orifice inférieur et sort à la température voulue par l'orifice supérieur.

voir servant à contenir l'eau chaude.

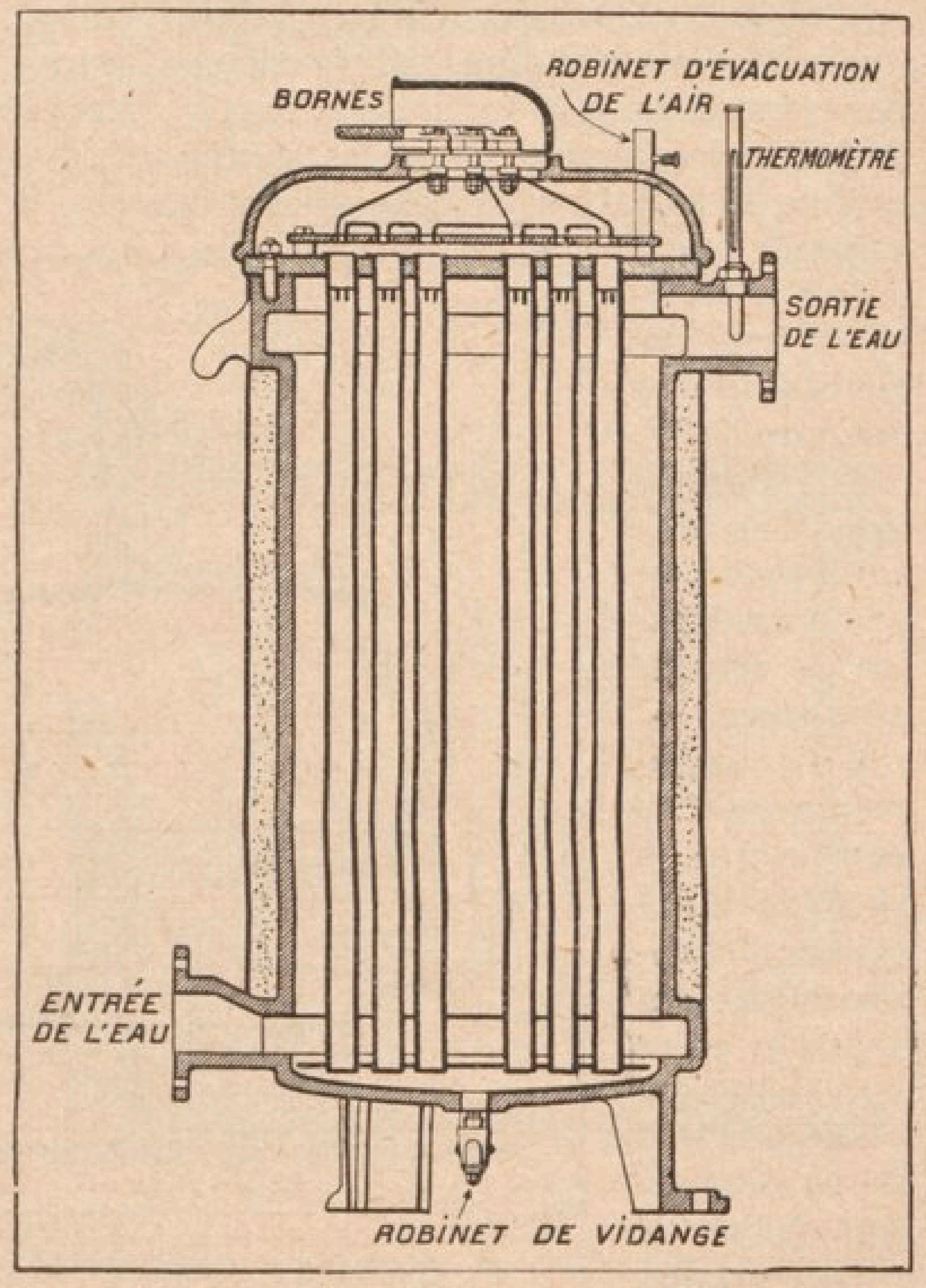
L'emploi d'un réservoir permet d'emmagasiner une très grande quantité de chaleur. Ses parois sont recouvertes d'une épaisseur convenable de calorifuge s'opposant aux pertes de chaleur.

Un système qui a particulièrement fait ses preuves est le chauffage central avec chaudière et réservoir chauffés pendant la première partie de la nuit, c'est-à-dire jusqu'à quatre heures du matin. On sait, en effet, que les compagnies d'électricité font payer le courant qu'elles fournissent aux abonnés beaucoup moins cher pendant ce laps de temps, surtout lorsque les dynamos de leurs usines centrales sont actionnées par des turbines hydrauliques. Dès que le réservoir a atteint la température maximum admissible, un dispositif automatique provoque la circulation de l'eau chaude dans le chauffage central, ce qui produit une élévation de température convenable dans les locaux. Pendant le jour, le chauffage est assuré par la chaleur accumulée dans le réservoir. Si, par temps froid, cette chaleur est ou devient insuffisante, elle est complétée, soit en brûlant un combustible quelconque sous la chaudière, soit par l'adjonction d'une seconde chaudière électrique de faible puissance.

Ce chauffage central électrique, dit à distribution de chaleur retardée, a l'avantage de ne nécessiter que des réservoirs de moins grandes dimensions que ceux qui sont nécessaires à l'accumulation de chaleur obtenue en utilisant, à cet effet, toute l'énergie électrique disponible pendant la nuit. Les locaux à chauffer le sont avant le commencement du travail ; la permutation qui a lieu pendant la nuit ne nécessite aucun service : une tige placée dans le réservoir agit, par sa dilatation, sous l'action de la chaleur, sur le clapet de circulation. La figure que nous donnons à la page 116 représente le schéma de ce chauffage central, avec distribution retardée.

On pourrait, avec avantage, remplacer l'eau ordinaire de la chaudière par l'acétate de soude cristallisé (contenant quatre équivalents d'eau). Ce sel, en raison de la chaleur latente nécessaire à sa fusion, emmagasine une quantité de chaleur utile quatre fois plus grande que celle de l'eau. Il met environ neuf heures pour descendre de 75 à 40 degrés, tandis que, dans les mêmes conditions, l'eau se refroidit de la même quantité en deux heures et demie. Le chauffage serait ainsi parfaitement assuré jusqu'à la fin de la journée, même par temps froid et en employant une chaudière de dimension réduite.

Les appareils pour la production de la vapeur ne diffèrent pas sensiblement des précédents, mais les radiateurs sont renforcés par suite de la haute pression qu'ils ont à

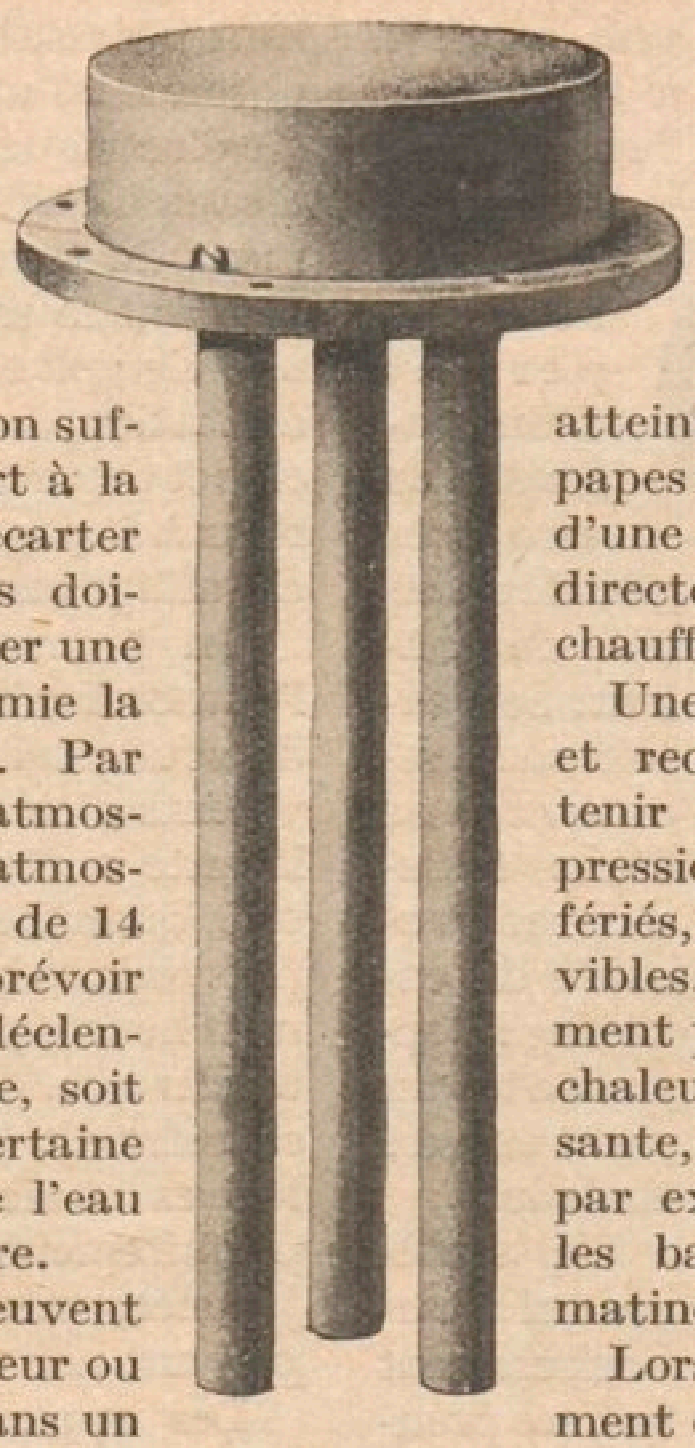


COUPE D'UNE CHAUDIÈRE ÉLECTRIQUE

Dispositif de chauffage pour eau courante.

supporter, et sensiblement agrandis en raison de la production de vapeur.

Ces chaudières à vapeur électriques peuvent être placées directement dans les ateliers, mais à la condition qu'elles soient d'une construction suffisamment robuste, par rapport à la pression de la vapeur, afin d'écarter tout danger d'explosion. Elles doivent au moins pouvoir supporter une pression égale à une fois et demie la pression normale de service. Par exemple, si celle-ci est de 6 atmosphères, il faut calculer avec 9 atmosphères et une pression d'essai de 14 atmosphères. Il est facile de prévoir un dispositif automatique de déclenchement du courant électrique, soit quand la pression atteint une certaine valeur, soit quand le niveau de l'eau est en baisse dans la chaudière.



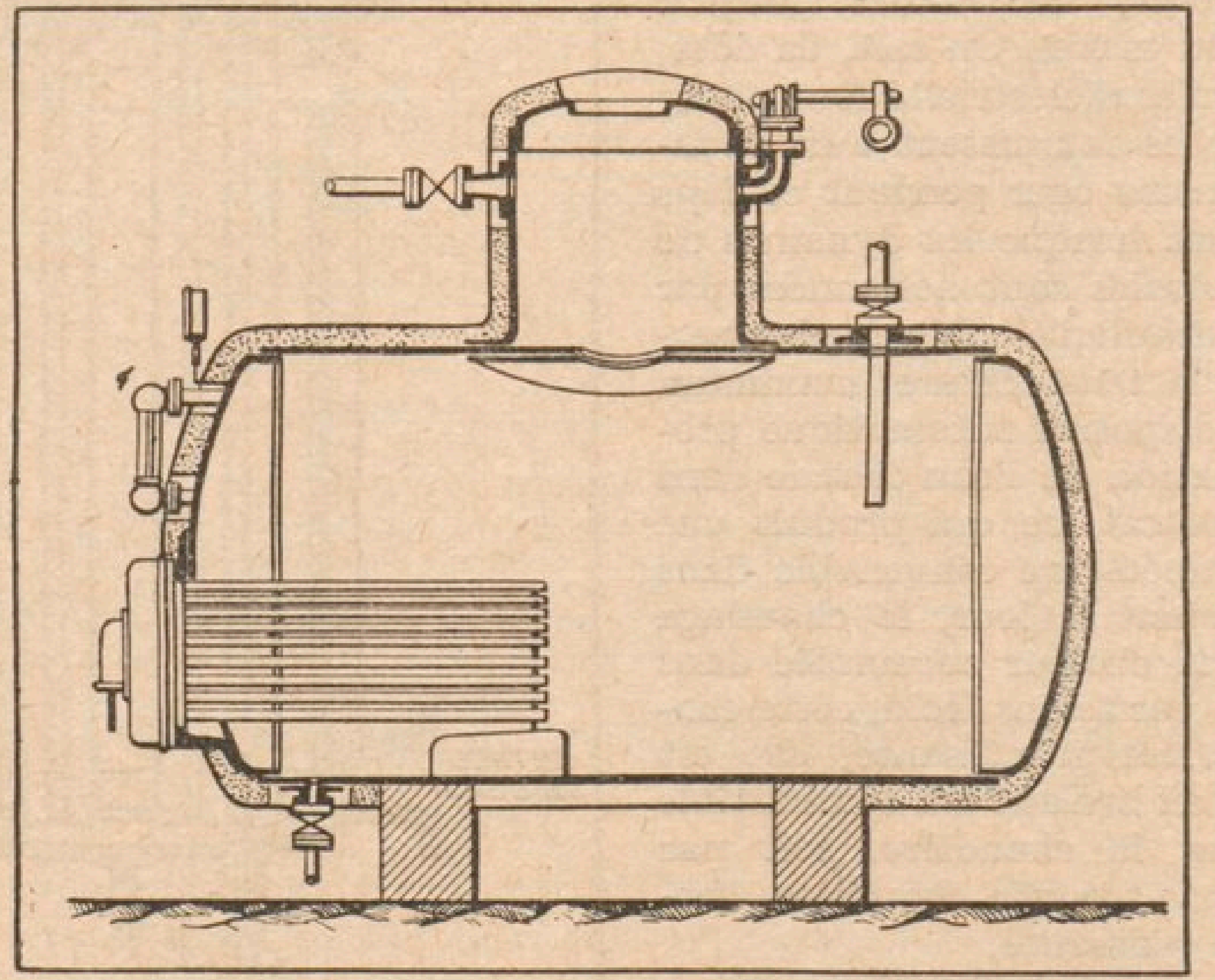
FAISCEAU TUBULAIRE D'UNE CHAUDIÈRE ÉLECTRIQUE DE FAIBLE PUISSANCE

Ces chaudières électriques peuvent alimenter des machines à vapeur ou des turbines et être utilisées dans un très grand nombre d'industries. Elles donnent particulièrement de bons résultats quand il s'agit d'obtenir, en été, la vapeur nécessaire en faible quantité pour certaines fabrications, par exemple pour le service de l'encollage dans les fabriques textiles, tandis qu'une installation de chaudières à vapeur ordinaires travaillerait dans des conditions peu économiques, étant donnée la quantité relativement peu considérable de vapeur nécessaire.

Une application intéressante de la chaudière à vapeur électrique est sa combinaison avec une chaudière à vapeur chauffée par le charbon. Quand on a une grande quantité d'énergie disponible pendant la nuit, on l'utilise au chauffage, au moyen de la chaudière électrique, de la chaudière principale, qui sert ainsi d'accumulateur de chaleur. Quand la pression maximum du travail est atteinte, on peut, au moyen de soupapes automatiques de réduction, et d'une soupape de trop-plein, utiliser directement et efficament pour le chauffage la vapeur produite.

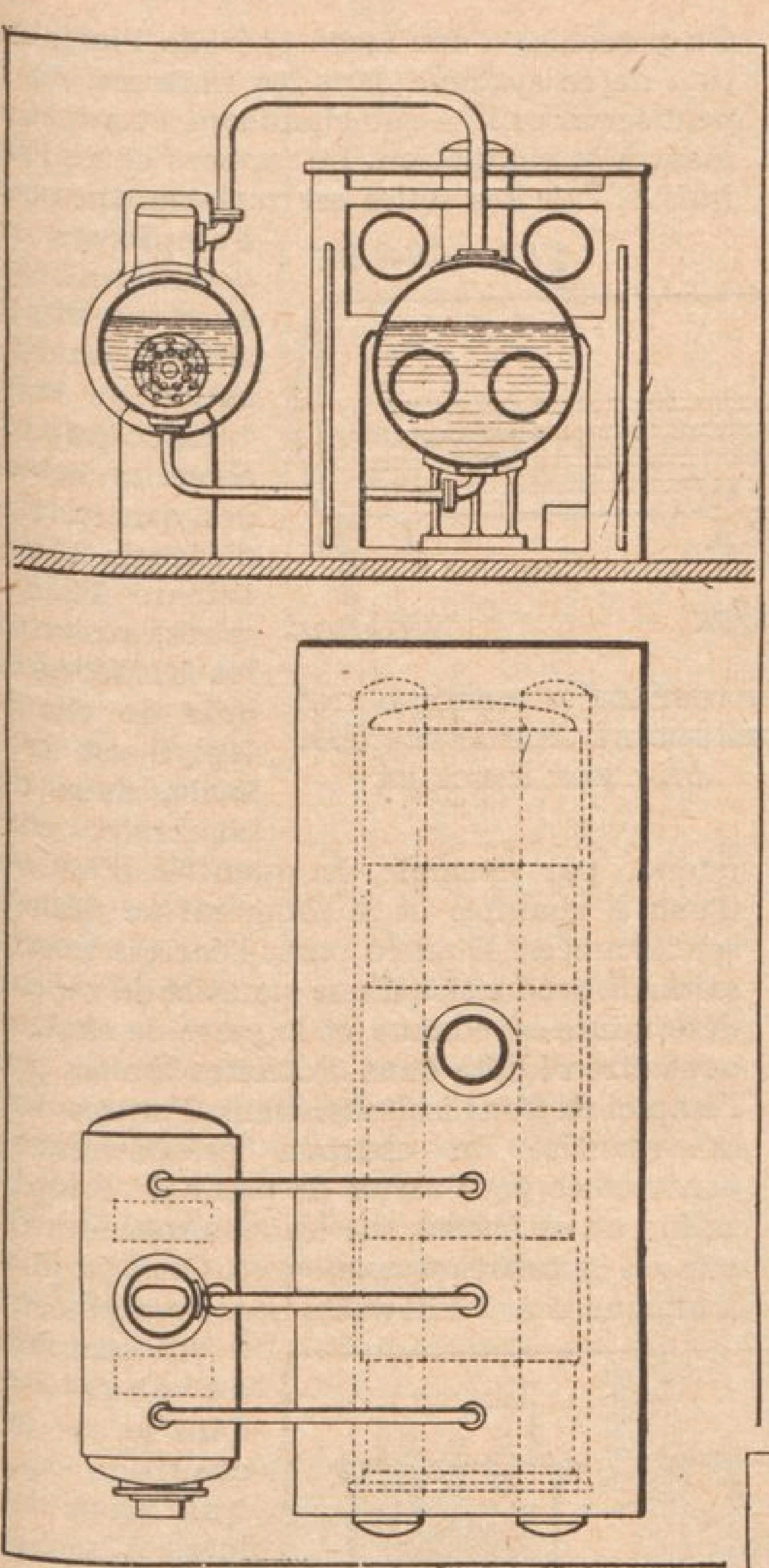
Une autre application très pratique et recommandable consiste à maintenir les chaudières normales sous pression, pendant la nuit et les jours fériés, au moyen de radiateurs amovibles. Ceux-ci ne suffisent généralement pas à produire la vapeur, car la chaleur qu'ils dégagent est insuffisante, mais ils permettent d'obtenir, par exemple, de l'eau chaude pour les bains et les douches, dans la matinée, ou pour d'autres usages.

Lorsqu'il s'agit de produire simplement de l'air chaud, le courant d'air venant de l'extérieur est dirigé sur le radiateur au moyen d'un ventilateur. Pour de petites puissances, par exemple pour une installation de séchage, on utilise un radiateur en forme de spirale. Pour de grandes puissances, on emploie des radiateurs constitués par des résistances en fonte spéciale avec faible coefficient de température, lesquelles consistent en un certain nombre d'éléments normaux suivant la puissance désirée et la tension de service. Pour leur meilleure utilisation, ils doivent être chauffés à 400 ou 500 degrés. Ils sont souvent disposés dans des carneaux murés, et servent ainsi, soit au chauffage



COUPE D'UNE CHAUDIÈRE ÉLECTRIQUE DE 500 KILOWATTS POUR LA PRODUCTION DE VAPEUR

Le faisceau tubulaire est à gauche, à la partie inférieure.



CHAUDIÈRE ÉLECTRIQUE DE 500 KILOWATTS, ACCOUPLÉE AVEC UNE CHAUDIÈRE A CHARBON EXISTANTE

des maisons particulières, soit à des installations de séchage et autres analogues. Ils peuvent aussi être transportables, comme on peut le voir sur la figure page 120, qui représente un four à air chaud amovible. Ils rendent ainsi de grands services dans certaines industries, surtout dans les fonderies, où leur emploi n'a pas tardé à se généraliser. Jusque-là, on utilisait, pour le séchage des moules en terre, de petits fourneaux à coke transportables, lesquels présentaient de nombreux inconvénients : ils viciaient l'air de la fonderie, au grand préjudice de la santé du personnel, nécessitaient une grande attention, faisaient perdre du temps aux personnes chargées de leur allumage et de leur entretien et se scorifiaient facilement ; en outre, les moules étaient salis par les cendres volantes et souvent brûlés. L'emploi des fours électriques fit disparaître ces sérieux inconvénients.

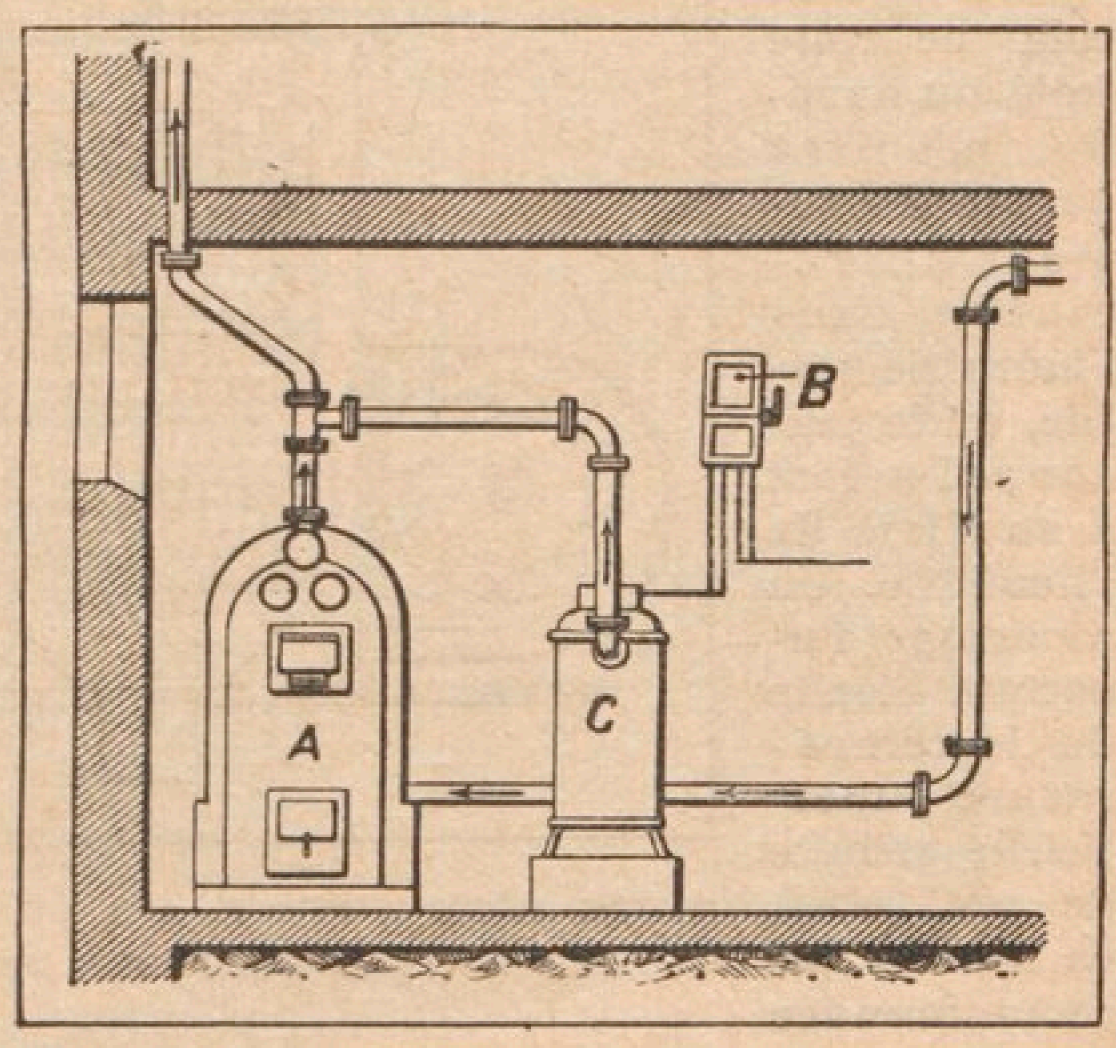
Une application de ce système est particulièrement répandue dans certaines fabriques par l'utilisation d'un four transportable de 40 kilowatts. L'air pour le séchage est pris à la conduite sous pression au moyen d'un tuyau en toile et l'énergie électrique est amenée à l'aide d'un câble flexible.

Ce séchage des moules se fait de préférence pendant la nuit, sans grande surveillance, et alors que l'on dispose d'une plus ou moins grande quantité d'énergie électrique produite à bon compte ou payée bon marché.

Même, dans de nombreuses fonderies, en Suisse, spécialement, le chauffage électrique est appliqué aux fours fixes dans lesquels sont séchés les noyaux et les petits moules. L'air froid s'échauffe d'abord en traversant une double enveloppe ; toute perte de chaleur est ainsi évitée et tout est profit.

Des appareils semblables sont employés dans bien d'autres cas analogues de séchage.

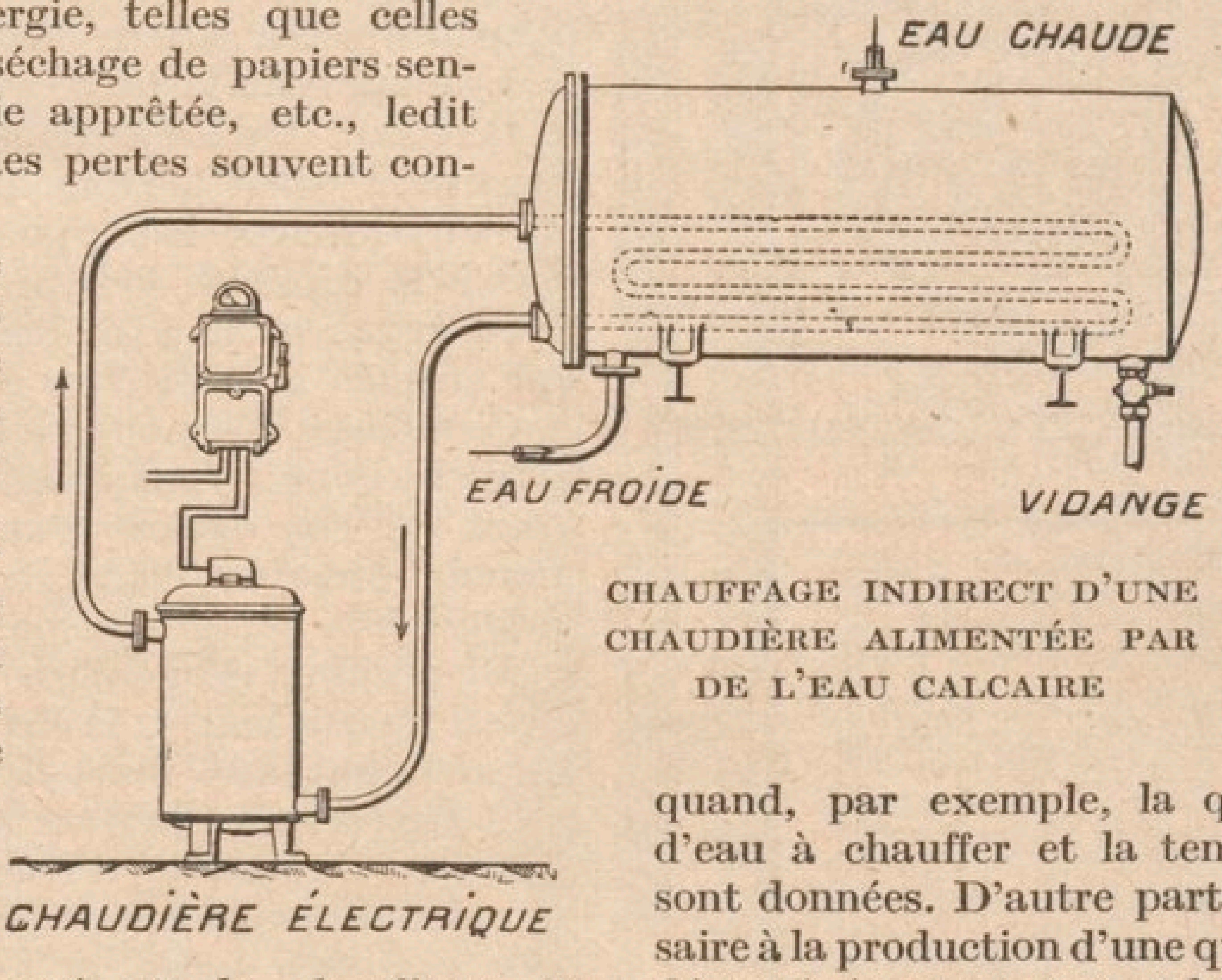
Ce radiateur, concurremment avec le radiateur spirale, s'installe encore directement dans les machines auxquelles de la chaleur est nécessaire en un point déterminé ; on donne alors aux résistances en fonte spéciale des formes diverses appropriées. Ainsi leur adjonction à des encolleuses écossaises a produit d'excellents résultats,



CHAUFFAGE CENTRAL A EAU CHAUDE, AVEC CHAUDIÈRE ÉLECTRIQUE DE SECOURS

A, *chaudière à charbon ;* B, *boîte de commande ;* C, *chaudière à chauffage électrique.*

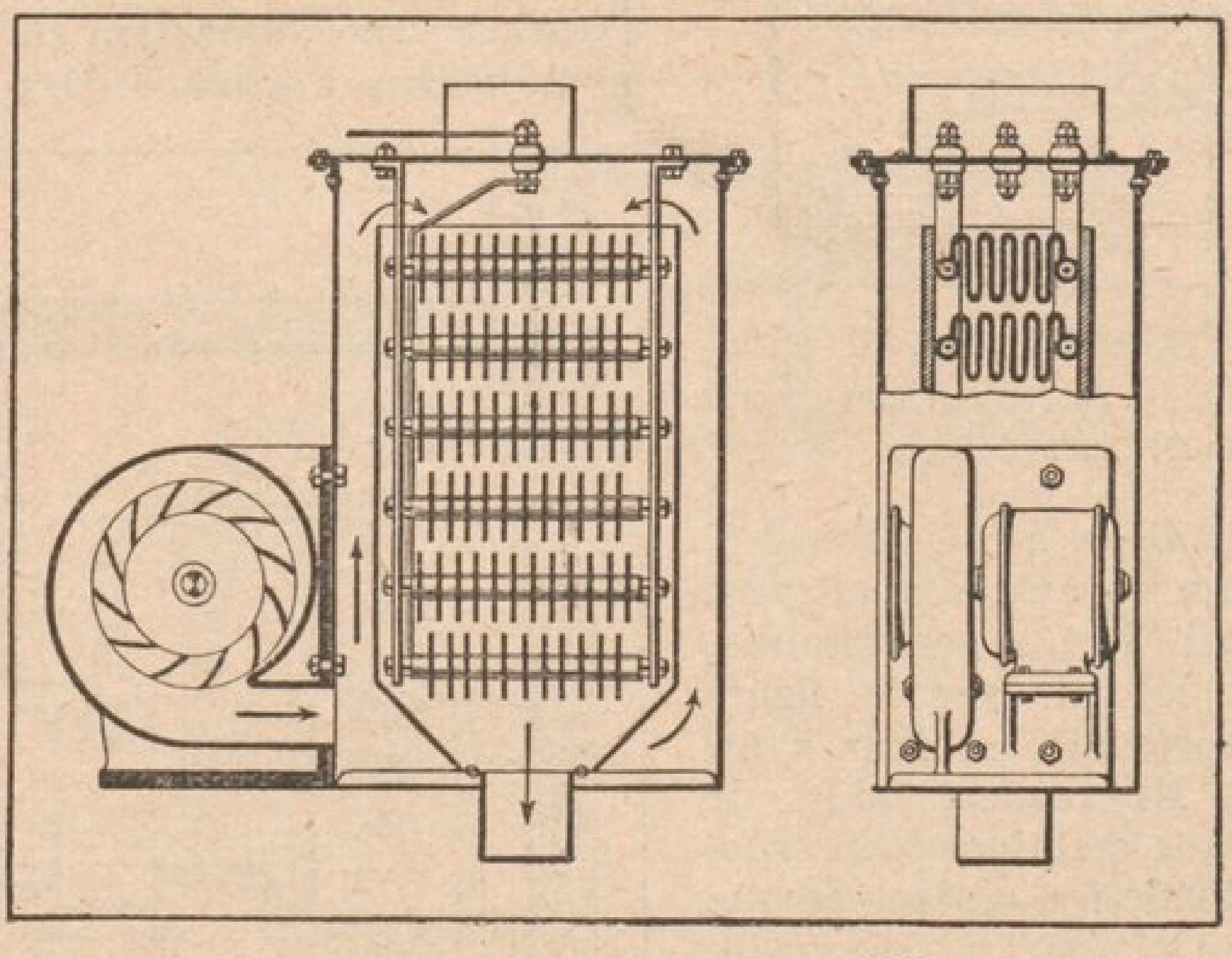
supérieurs à ceux fournis par tout autre procédé, tel que celui du chauffage par le gaz, en raison de la facilité de réglage et de l'installation à l'endroit voulu. Vis-à-vis du chauffage par la vapeur, s'il s'agit de petites quantités d'énergie, telles que celles nécessaires au séchage de papiers sensibles, de la soie apprêtée, etc., ledit système évite des pertes souvent considérables.



CHAUFFAGE INDIRECT D'UNE CHAUDIÈRE ALIMENTÉE PAR DE L'EAU CALCAIRE

Enfin, pour le chauffage des locaux, en outre du chauffage central électrique avec eau, vapeur ou air chaud décrit plus haut, on peut utiliser des radiateurs avec ou sans accumulation de chaleur.

Une intéressante nouveauté est le chauffage dit linéaire, obtenu par de simples tubes, analogues à ceux du chauffage à vapeur par basse pression, traversant tout l'espace à chauffer. Dans leur intérieur sont placés les conducteurs électriques constitués par des résistances. Par une disposition convenable, on obtient, avec une faible dépense d'énergie, un grand développement de chaleur; aucun coin ne reste froid ou humide, résultat particulièrement appréciable dans l'industrie textile, où le personnel a fort à souffrir de l'humidité. Un avantage important résulte de la température superficielle réduite de ces tubes, ce qui les fait recommander pour le chauffage des locaux industriels très poussiéreux, tels que les carderies.



COUPE D'UN FOUR A AIR CHAUD DE 300 KILOWATTS, TRANSPORTABLE, POUR FONDERIE

Pour les grands ateliers, le chauffage par circulation est particulièrement approprié. On préconise d'une façon spéciale l'installation de ce système dans les filatures, où il peut servir en hiver au chauffage, éventuellement à la ventilation. Le rapport entre l'air frais et l'air des salles est réglable. On peut l'employer en combinaison avec un dispositif d'humidification de l'air.

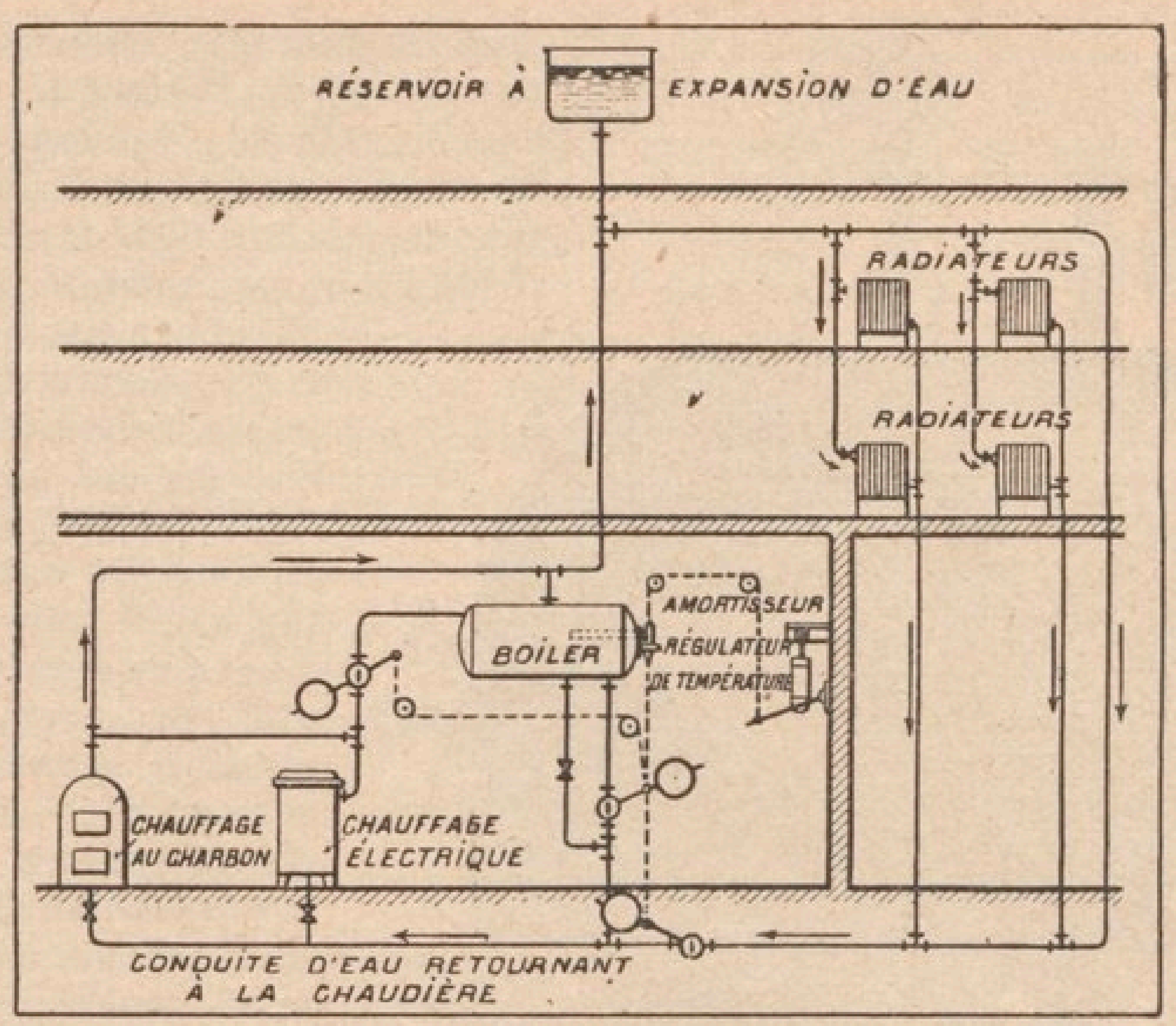
En ce qui concerne le calcul des quantités d'énergie électrique nécessaires, suivant les différents buts de chauffage, il est très facile, dans de nombreux cas, quand, par exemple, la quantité d'air ou d'eau à chauffer et la température désirée sont données. D'autre part, l'énergie nécessaire à la production d'une quantité de vapeur déterminée est connue, et la perte de chaleur peut être réduite dans d'étroites limites par l'emploi de bons isolants. Dans d'autres cas, la quantité de charbon précédemment consommée peut servir de point de comparaison en se basant sur les résultats fournis par des installations analogues. On a dit plus haut que 4 à 5 kilowatts-heure remplacent 1 kilogramme de charbon dans le cas de chauffage central. Pour les fours à sécher des fonderies, ce rapport est de 4,5 : 1. Dans le cas de chauffage électrique direct remplaçant le chauffage à vapeur dans certains procédés de fabrication, 2 kilowatts-heure seulement peuvent équivaloir à 1 kilogramme de charbon.

Le calcul de la chaleur nécessaire au chauffage des maisons est soumis à certaines règles déterminées qui nécessitent toutefois de nombreuses hypothèses. M. l'ingénieur

Rudgers s'est livré, à ce sujet, à des calculs précis qu'il base sur une méthode nouvelle qu'il appelle *méthode de la courbe de refroidissement*, dans le détail desquels nous ne pouvons entrer.

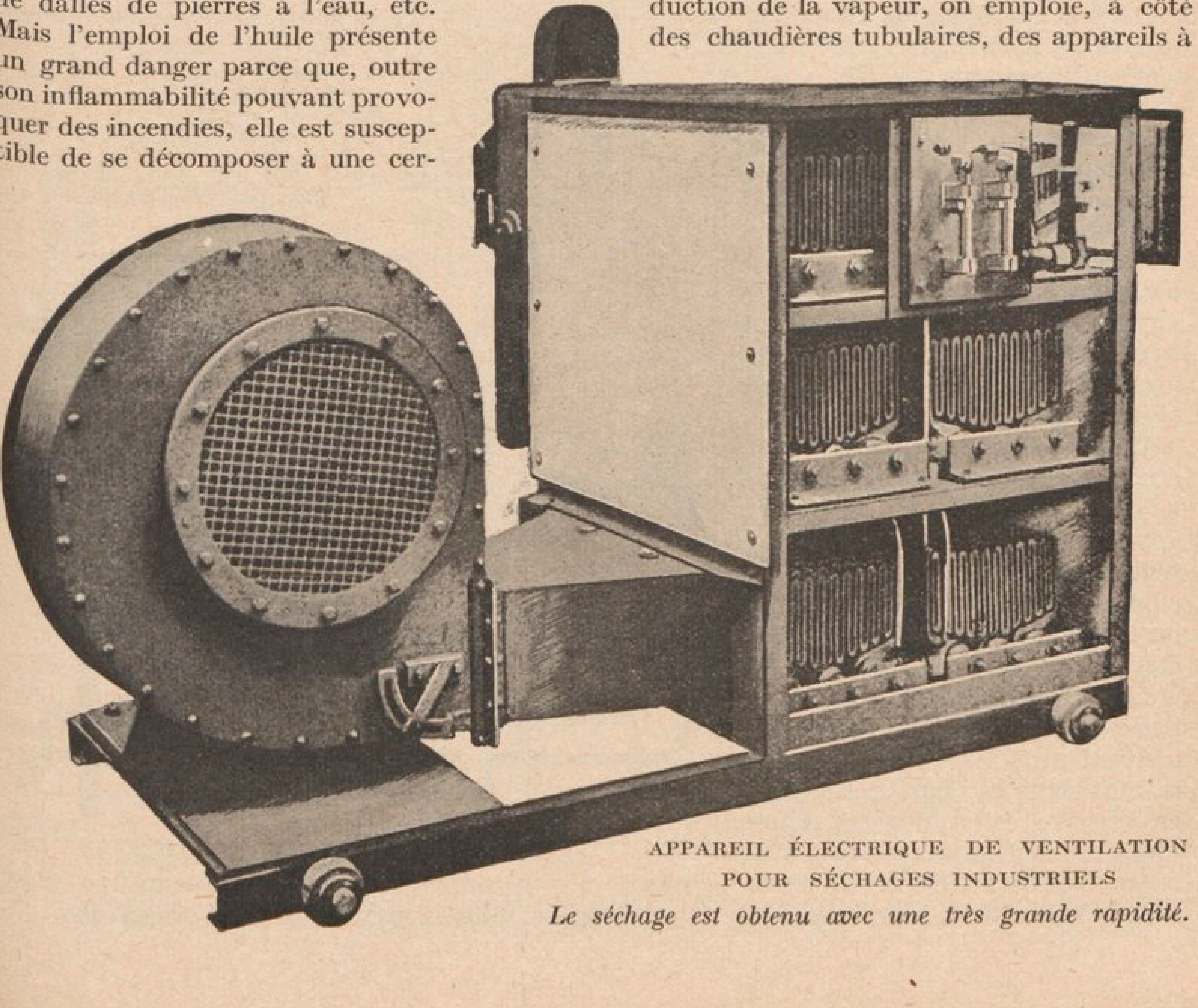
L'accumulation de chaleur à l'aide de l'eau ou de l'acétate de soude, telle qu'elle est décrite plus haut, peut également être réalisée au moyen de dalles de pierres chauffées électriquement. D'autres liquides, tels que l'huile ou le pétrole, ont été utilisés, soit comme accumulateurs de chaleur, soit comme agents de transmission de la chaleur de dalles de pierres à l'eau, etc. Mais l'emploi de l'huile présente un grand danger parce que, outre son inflammabilité pouvant provoquer des incendies, elle est susceptible de se décomposer à une certaine température, et les gaz qu'elle forme alors peuvent amener des explosions, comme le cas s'est déjà présenté.

En ce qui concerne la tension électrique qui doit être utilisée pour le chauffage, elle ne doit jamais dépasser 250 volts pour les petits appareils et spécialement ceux qui sont transportables ; pour les grandes installations, on emploie généralement 500 volts. De plus hautes tensions ne sont pas à conseiller dans la plupart des cas à cause du danger qui en résulterait pour l'exploitation. Pour la production de la vapeur, on emploie, à côté des chaudières tubulaires, des appareils à



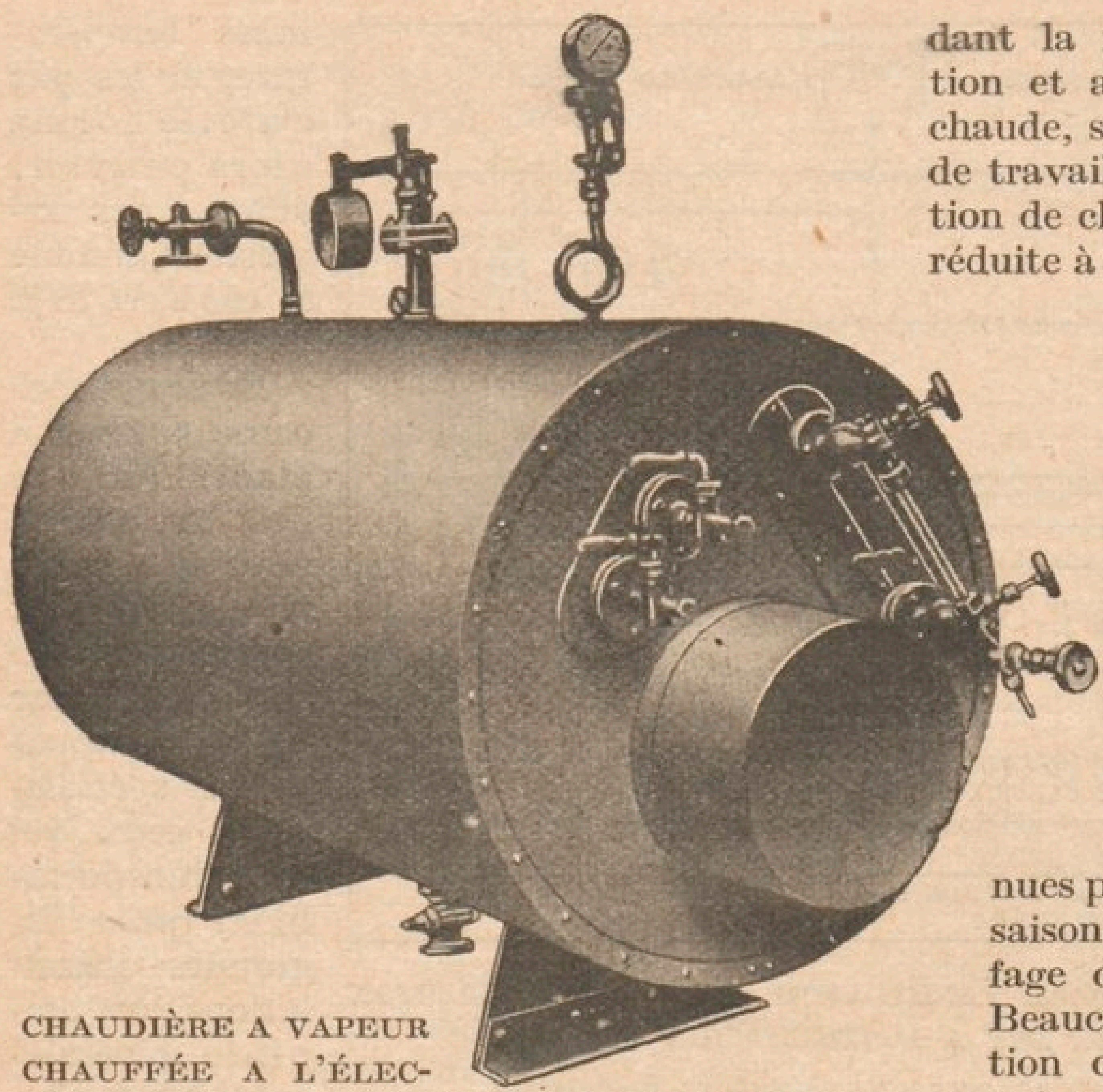
CHAUFFAGE CENTRAL ÉLECTRIQUE AVEC ACCUMULATION DE CHALEUR, DIT A DISTRIBUTION RETARDÉE

Système combiné avec une chaudière à charbon.



APPAREIL ÉLECTRIQUE DE VENTILATION POUR SÉCHAGES INDUSTRIELS

Le séchage est obtenu avec une très grande rapidité.



CHAUDIÈRE A VAPEUR CHAUFFÉE A L'ÉLECTRICITÉ POUR LE MACÉRAGE DE LA SOIE

électrodes qui peuvent être exécutés avec une grande facilité pour quelques milliers de volts, sans, toutefois, dépasser 5.000 volts.

Pour M. Rudgers, la chaudière tubulaire à vapeur, avec une tension maximum de 500 volts, constitue la solution la plus simple et la meilleure. Un volume d'eau suffisamment grand est avantageux, car il permet, d'une part, d'emmagasiner le surplus d'énergie électrique, souvent très variable, d'autre part de fournir la vapeur en quantités également très variables, comme cela est nécessaire dans de nombreux cas et dans beaucoup d'industries.

L'éminent ingénieur termine son étude en examinant dans quel cas le chauffage électrique peut être appliqué avec le plus grand avantage, et quels sont les frais de son emploi comparativement à ceux du chauffage au charbon, question assurément fort importante.

Les fabriques ayant leurs forces hydrauliques propres et qui ne peuvent accumuler l'eau pendant la nuit dans la chambre de mise en charge, ou seulement d'une manière insuffisante, sont, en première ligne, intéressées à transformer leurs forces inutilisées pendant la nuit en chaleur, soit par production et accumulation de vapeur ou d'eau chaude, soit par chauffage direct des locaux de travail pendant les arrêts. La consommation de charbon pour le chauffage sera ainsi réduite à un minimum pendant le jour, et le chauffage par le charbon pourra, le plus souvent, être supprimé pendant les saisons intermédiaires. En été, dans beaucoup de fabriques (en Suisse notamment et dans les autres pays de montagnes), il sera possible de satisfaire aux demandes d'énergie en utilisant avec avantage, nuit et jour, la quantité d'eau beaucoup trop considérable des rivières alimentées par les glaciers.

Les économies de charbon obtenues par la suppression complète, en cette saison, de ce combustible pour le chauffage des chaudières sont très grandes. Beaucoup de fabriques ont une installation centrale de chaudières à vapeur qui est beaucoup trop importante pour les besoins de chaleur en été et travaille, par suite, avec un rendement très réduit. Pour obtenir, avec une installation centrale de chaudières à vapeur, les petites quantités

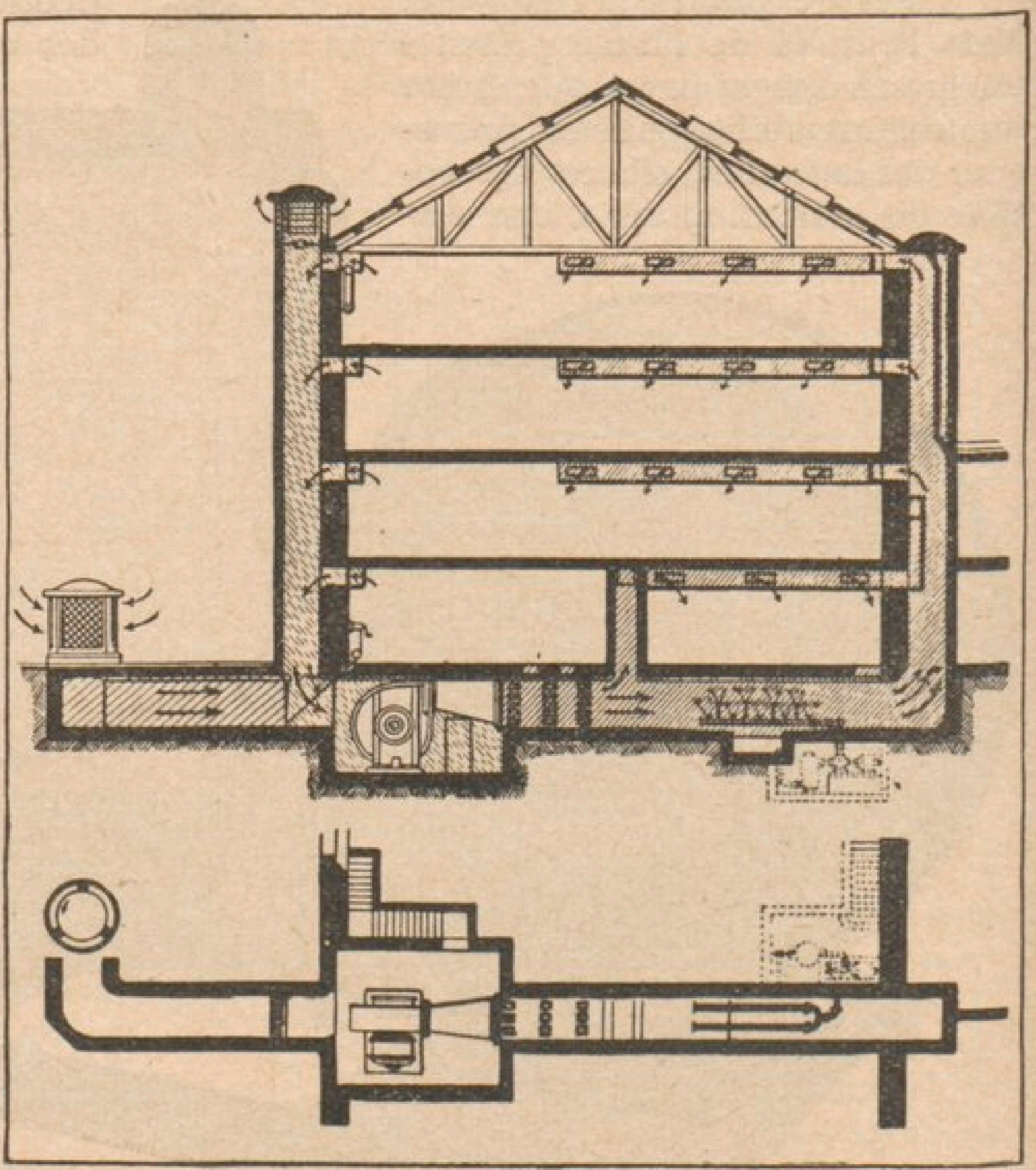


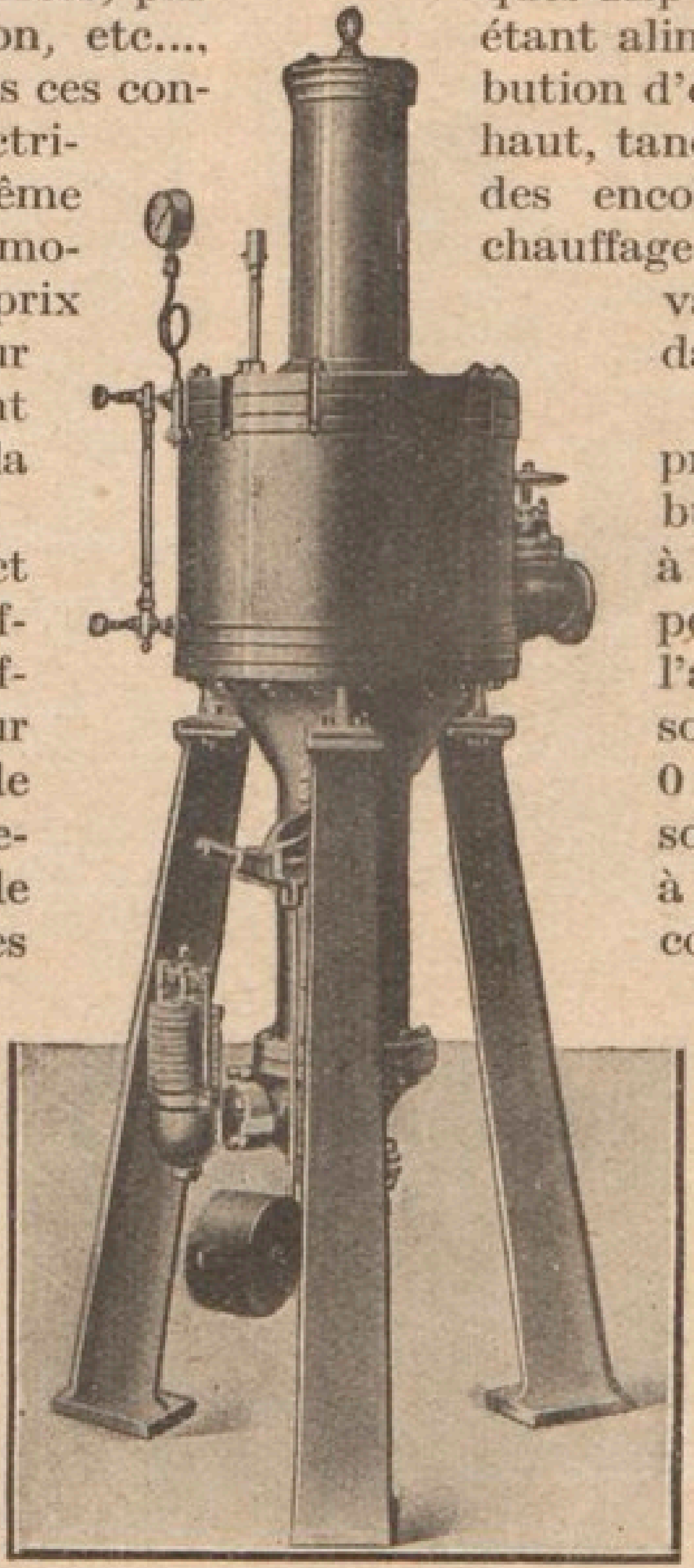
SCHÉMA D'UNE DISTRIBUTION DE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE DANS UNE IMPORTANTE FILATURE

de chaleur nécessaires au chauffage de quelques cylindres, de l'eau, à la cuisson, etc., en différents points de la fabrique, on est souvent obligé, en raison des pertes considérables dans les conduites, de dépenser cent fois plus d'énergie qu'il n'est nécessaire.

En outre, la chaleur, aux différents points considérés, n'est utilisée que pendant quelques heures, de sorte que les pertes, par suite de l'eau de condensation, etc...., sont encore plus grandes. Dans ces conditions, le prix de l'énergie électrique ne joue aucun rôle. Même avec un courant destiné à des moteurs, et, par conséquent, de prix élevé, on peut obtenir la chaleur nécessaire plus économiquement qu'en utilisant le charbon à la production de la vapeur.

Il serait totalement inexact de comparer les frais de chauffage électrique à ceux du chauffage au charbon en prenant pour bases les prix de revient de 1.000 calories, par exemple, obtenues au moyen de l'une ou de l'autre de ces deux formes d'énergie. Les mêmes considérations s'imposent pour la comparaison d'une machine à vapeur unique, avec transmission et charge variable, à une commande par moteurs électriques individuels. Avec les moteurs électriques, il n'y a plus de transmission et on peut, à volonté, enclencher ou déclencher chacu ı d'eux, suivant la demande d'énergie. De même, le chauffage électrique ne consomme du courant que tant qu'il fonctionne, et il n'y a pas à tenir compte de grosses pertes de chaleur en dehors du temps de service ou de pertes de transmission dans les conduites tubul ires, comme c'est le cas avec le chauffage à la vapeur, qui est toujours plein d'aléas.

Comme exemple pratique, une usine de filature et tissage de laine utilisait, en été, seulement pour l'encollage, 400 kilos de charbon par jour ; après l'installation du chauffage électrique, elle ne dépensa plus quotidiennement que 575 kilowatts-heure. Ceci montre la supériorité considérable, dans ce cas, du chauffage électrique par l'utilisation de l'énergie, puisque, théoriquement, à 400 kilos de charbon correspondraient environ 2.400 kilowatts-heure. Ainsi qu'on l'a déjà dit, le rapport du prix de l'énergie électrique au prix du kilogramme de charbon ne joue souvent qu'un rôle peu important. De telles installations ont été avantageusement effectuées dans de nombreuses fabriques disposant de forces hydrauliques ou étant alimentées par un réseau de distribution d'électricité. Dans le cas cité plus haut, tandis que le chauffage à vapeur des encolleuses était remplacé par le chauffage par radiateurs électriques, la vapeur nécessaire était produite dans une chaudière électrique.



NOUVEAU FOUR ÉLECTRIQUE DE L'INGÉNIEUR REVEL

Ce four, de dimensions très réduites, est monté sur trépied; il peut fournir très rapidement une grande quantité de vapeur.

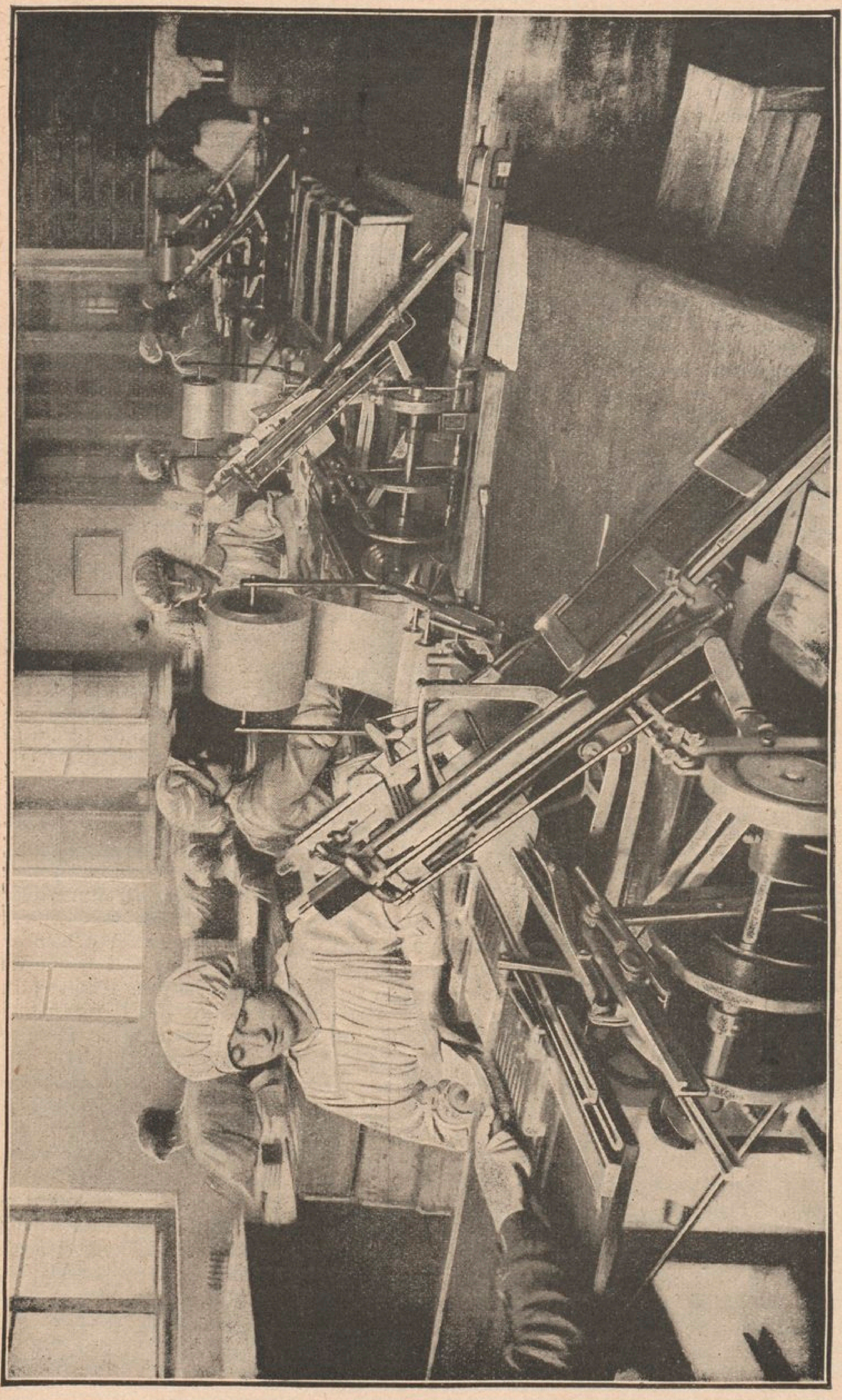
Chauffage par le coke. — Le prix par kilogramme de ce combustible étant de 0 fr. 11 (rendu à la fabrique), les frais totaux, pour douze heures, y compris l'allumage, la surveillance, etc., sont de 43 fr. 40; avec du coke à 0 fr. 20 le kilogramme, les frais sont de 70 fr. 80, et ils montent à 84 fr. 10 quand on paye le coke 0 fr. 24 le kilogremme.

Chauffage électrique. — Le prix du kilowatt-heure étant (pendant la nuit), de 0 fr. 03, les frais totaux pour douze heures sont de 36 francs (il n'y a plus de frais d'allumage, ni de surveillance, ni de supplément de salaire pour nettoyage). En payant l'électricité 0 fr. 04 le kilowatt-heure, les frais sont de 48 francs, et ils sont de 60 francs avec de l'électricité à 0 fr. 05.

On construit actuellement une chaudièıe électrique de dimensions très réduites, du système de l'ingénieur Revel, pas plus grande qu'un chauffe-bain, qui pourra produire une forte quantité de vapeur, suffisante pour alimenter une machine à vapeur ou pour satisfaire aux besoins de vapeur d'une fabrique. Grâce à son faible encombıement, pour ainsi dire nul si on la suspend à une muraille, elle est particulièrement précieuse dans les petits ateliers où la place est mesurée. Montée sur trépied, elle peut être installée partout et elle est aisément transportable.

G. Feucherolles.

Les photographies qui accompagnent cet article nous ont été obligeamment communiquées par la Société des Ateliers d'Oerlikon. Nous l'en remercions.



VUE PRISE DANS LES ATELIERS D'EMPAQUETAGE MÉCANIQUE D'UNE GRANDE CHOCOLATERIE PARISIENNE

Ces curieuses machines automatiques, mues électriquement, font très rapidement, en une seule opération, un double enveloppage avec pose d'étiquette.

L'ENVELOPPAGE ET L'EMPAQUETAGE MÉCANIQUES DU CHOCOLAT, DES BISCUITS, ETC.

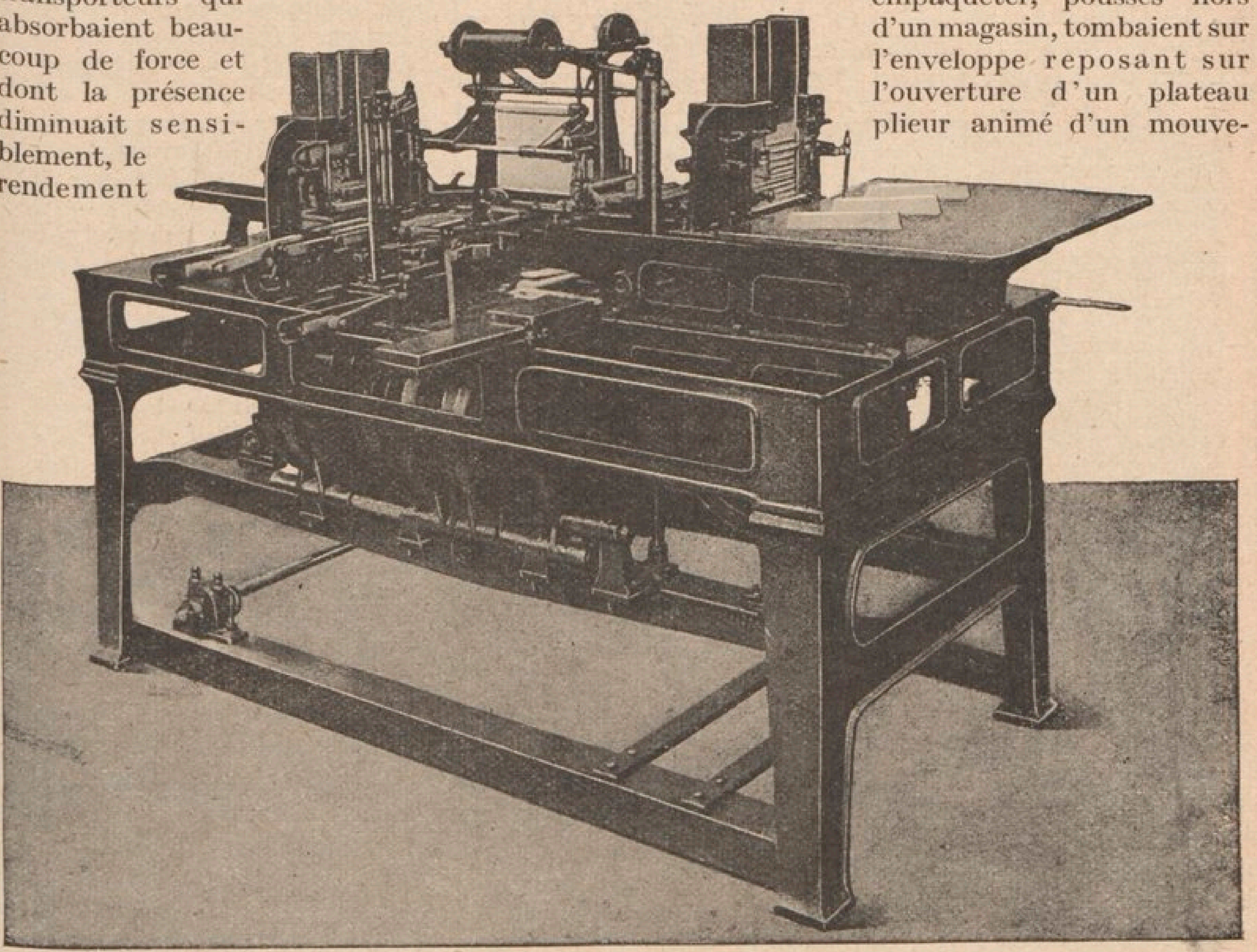
Par Fernand **RAGONDEAU**

Il existe depuis longtemps déjà des machines à envelopper et à empaqueter automatiques, mais ce n'est que depuis peu d'années qu'on a réussi à éliminer tous les inconvénients qui limitaient fâcheusement l'emploi de ce genre d'appareils.

Il fallait, autrefois, placer les objets à envelopper dans une série de dispositifs de pliage successifs. Pour enlever ceux dont l'empaquetage était terminé, on était donc obligé de recourir à un grand nombre d'organes transporteurs qui absorbaient beaucoup de force et dont la présence diminuait sensiblement, le rendement des machines, parce que ces dernières ne pouvaient pas fonctionner à grande vitesse.

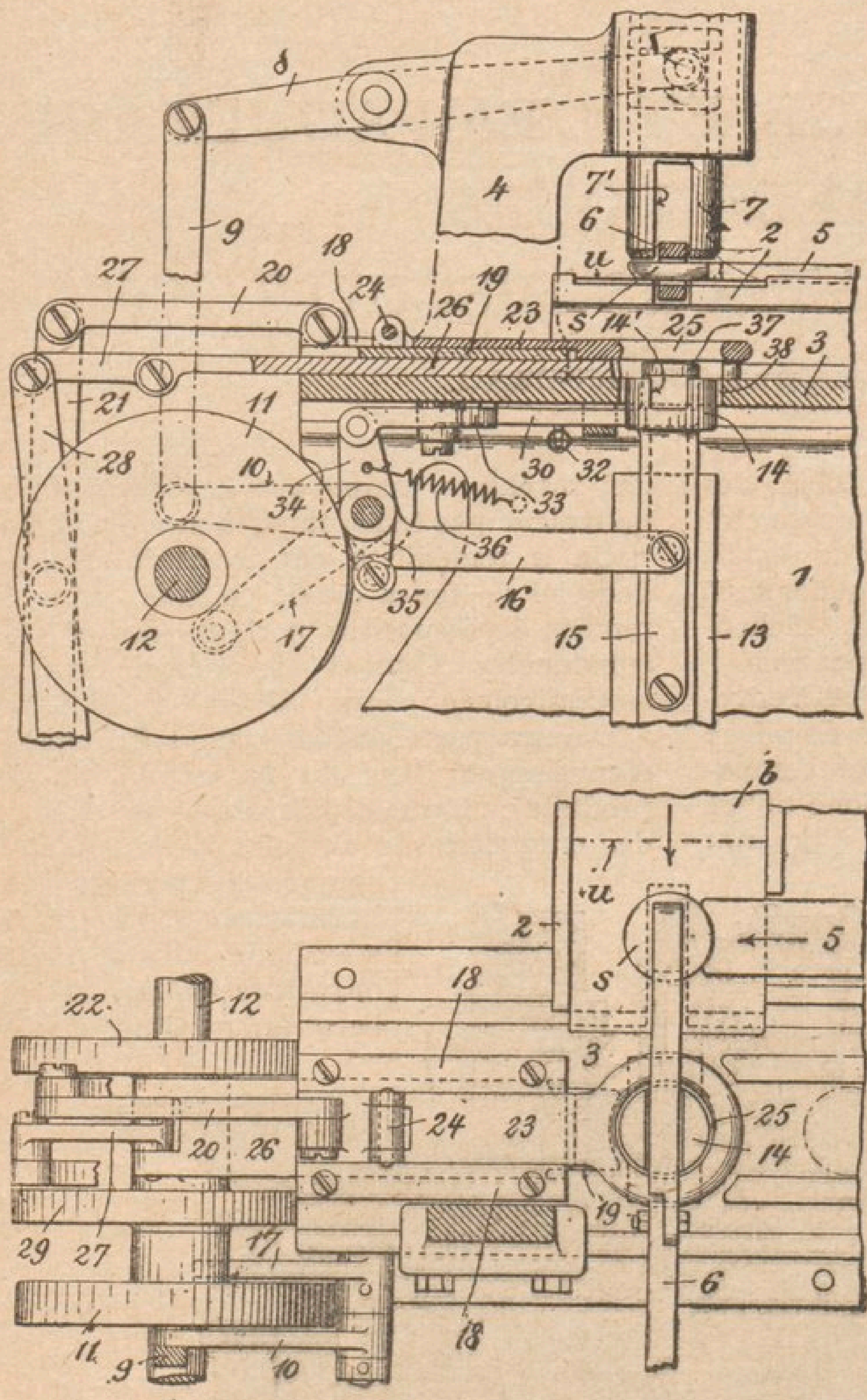
On a remédié à ces inconvénients par l'emploi de toiles ou de courroies sans fin munies de dispositifs porteurs des objets à empaqueter. Ceux-ci sont ainsi conduits successivement aux divers mécanismes.

D'autre part, surtout quand il s'agissait d'envelopper dans du papier d'étain des produits en forme de disques — par exemple des croquettes de chocolat — les objets à empaqueter, poussés hors d'un magasin, tombaient sur l'enveloppe reposant sur l'ouverture d'un plateau plieur animé d'un mouve-



TYPE DE MACHINE A ENVELOPPER LES TABLETTES DE CHOCOLAT

On aperçoit les deux magasins d'alimentation et d'expulsion faisant saillie au-dessus des tables et dans lesquels les tablettes sont disposées en pile. Au centre est le dévidoir du papier, qui est déroulé par une pince, coupé par des ciseaux mécaniques et centré sous chaque tablette à envelopper.



VUES EN ÉLÉVATION ET EN PLAN D'UNE MACHINE A ENVELOPPER LES CROQUETTES DE CHOCOLAT

Le bâti 1 *comporte deux tables* 2 *et* 3, *placées à des niveaux différents et une chaise* 4. *Sur la table* 3 *est monté un coulisseau* 5, *qui pousse les croquettes* S *mises à sa portée, sur une bande de papier d'étain* b, *déroulée par une pince* 6 *et qui fournit les enveloppes* u. *La chaise* 4 *supporte verticalement un doigt coulissant* 7 *mû par les leviers* 8, 9, 10 *et par une came* 11, *calée sur l'arbre* 12. *Dans une glissière* 13 *est guidé un doigt* 14 *mû par l'intermédiaire des leviers* 15, 16, 17 *et de la came* 11. *A leurs extrémités respectives, tournées l'une vers l'autre, ces deux doigts portent des entailles* 7' *et* 14' *destinées à permettre le passage de la pince* 6. *Sur la table* 3 *coulisse, dans un guide fixe* 18, *un coulisseau* 19 *recevant un mouvement de va-et-vient par l'intermédiaire des leviers* 20, 21 *et d'une came* 22 *fixée sur l'arbre* 23 *qui porte à son extrémité libre une ouverture circulaire* 25, *à bords arrondis. Un coulisseau* 26, *actionné par la came* 29 *et par les leviers* 27 *et* 28, *sert d'éjecteur aux tablettes. Les branches* 30 *d'une pince, fixée contre le dessous de la table* 3, *peuvent osciller autour d'axes fixes* 31 *et sont sollicitées par un ressort de traction* 32 *qui les applique contre un mandrin* 33 *engagé entre leurs mordaches. Ce mandrin* 33, *articulé avec un levier double* 34, *dont le bras* 35 *est sollicité par un ressort de traction* 36 *tendant constamment à appuyer son galet contre la périphérie de la came* 29 *qui porte une partie surélevée. L'extrémité libre de chaque branche* 30 *de la pince est pourvue d'une mordache* 37 *débordant au-dessus de la plaque* 3 *par l'ouverture* 38 *percée dans cette plaque pour le passage du doigt* 14. *La cisaille* 39 *découpe les enveloppes* u *dans le ruban de papier d'étain* b. *(Voir le schéma agrandi à la page suivante).*

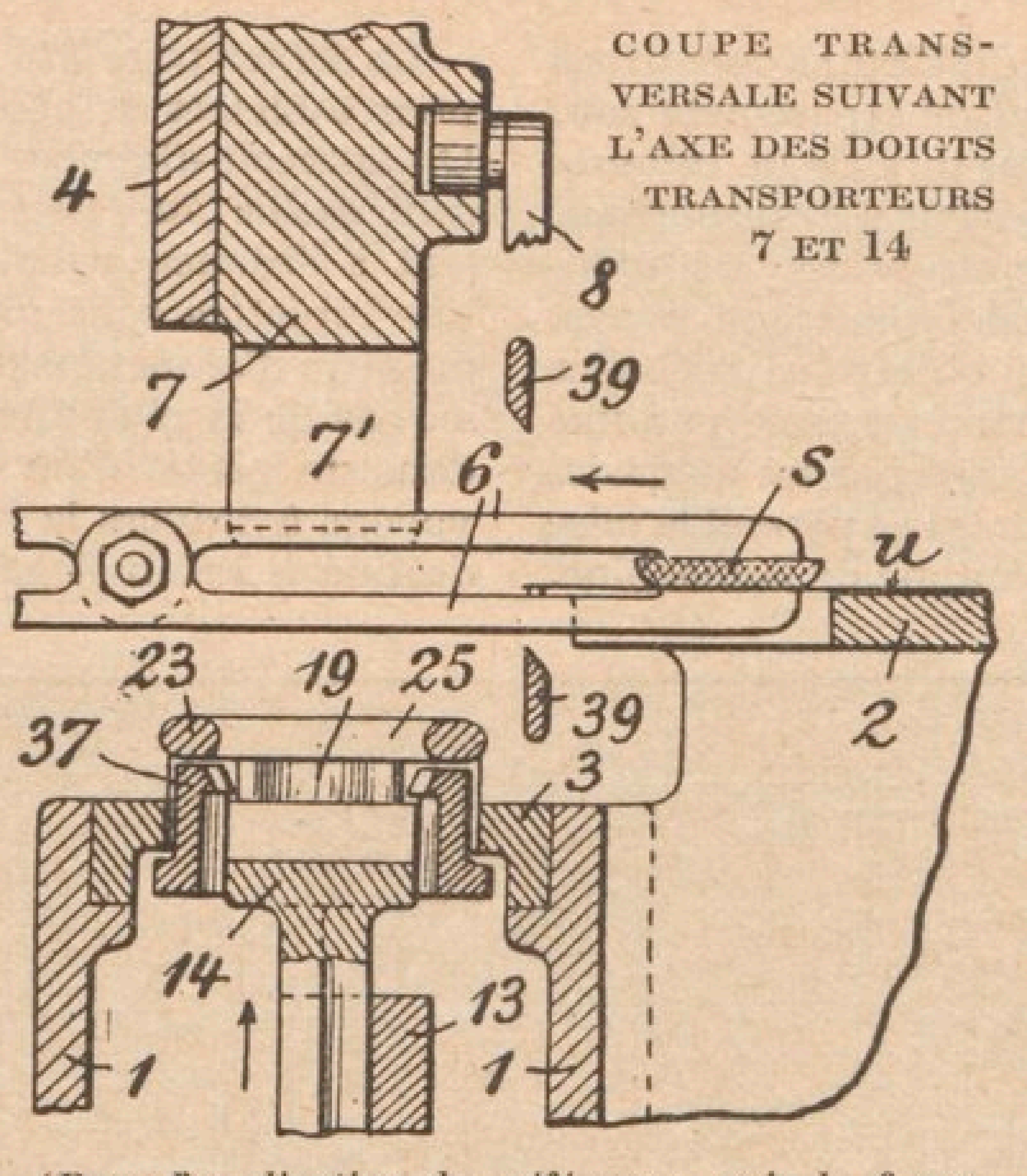
ment de va-et-vient. Le disque était ensuite refoulé à travers l'ouverture au moyen d'un piston, avec l'enveloppe ; cette dernière était repliée en même temps sous la forme d'une calotte. L'objet à empaqueter arrivait ainsi dans une deuxième ouverture pratiquée dans un plateau fixe et située sous la première. Pendant ce temps, la plaque plieuse, à mouvement alternatif, rabattait les extrémités de l'enveloppe par-dessus la croquette.

Malheureusement, pour déposer cet objet sur son enveloppe, on le laissait tomber librement sans aucun guidage, de telle sorte qu'il n'occupait presque jamais sa position normale voulue, ni sur le morceau de papier, ni par rapport aux ouvertures des deux plaques qui se trouvaient en dessous, ce qui empêchait d'obtenir un empaquetage offrant toute la régularité et la propreté désirables.

Le disque à envelopper, qui était donc très souvent placé en dehors du centre du papier et desdites ouvertures, reposait partiellement encore sur le bord de l'ouverture supérieure quand il était refoulé par le piston : il

était alors coincé et brisé ; en outre, l'enveloppe était en même temps détériorée.

De plus, l'enveloppe et le disque pouvaient se déplacer l'un par rapport à l'autre aussi bien pendant leur refoulement par le piston dans les deux ouvertures, que pendant leur séjour dans ces dernières, puisqu'ils n'étaient pas maintenus dans une position immuable, l'un par rapport à l'autre. Par conséquent, l'enveloppe dépassait de l'objet plus d'un côté que des autres, et, quand le plateau plieur à mouvement alternatif rabattait le papier par-dessus le disque placé sur l'ouverture de la plaque fixe, ce papier était coincé et déchiré par suite de sa répartition inégale.

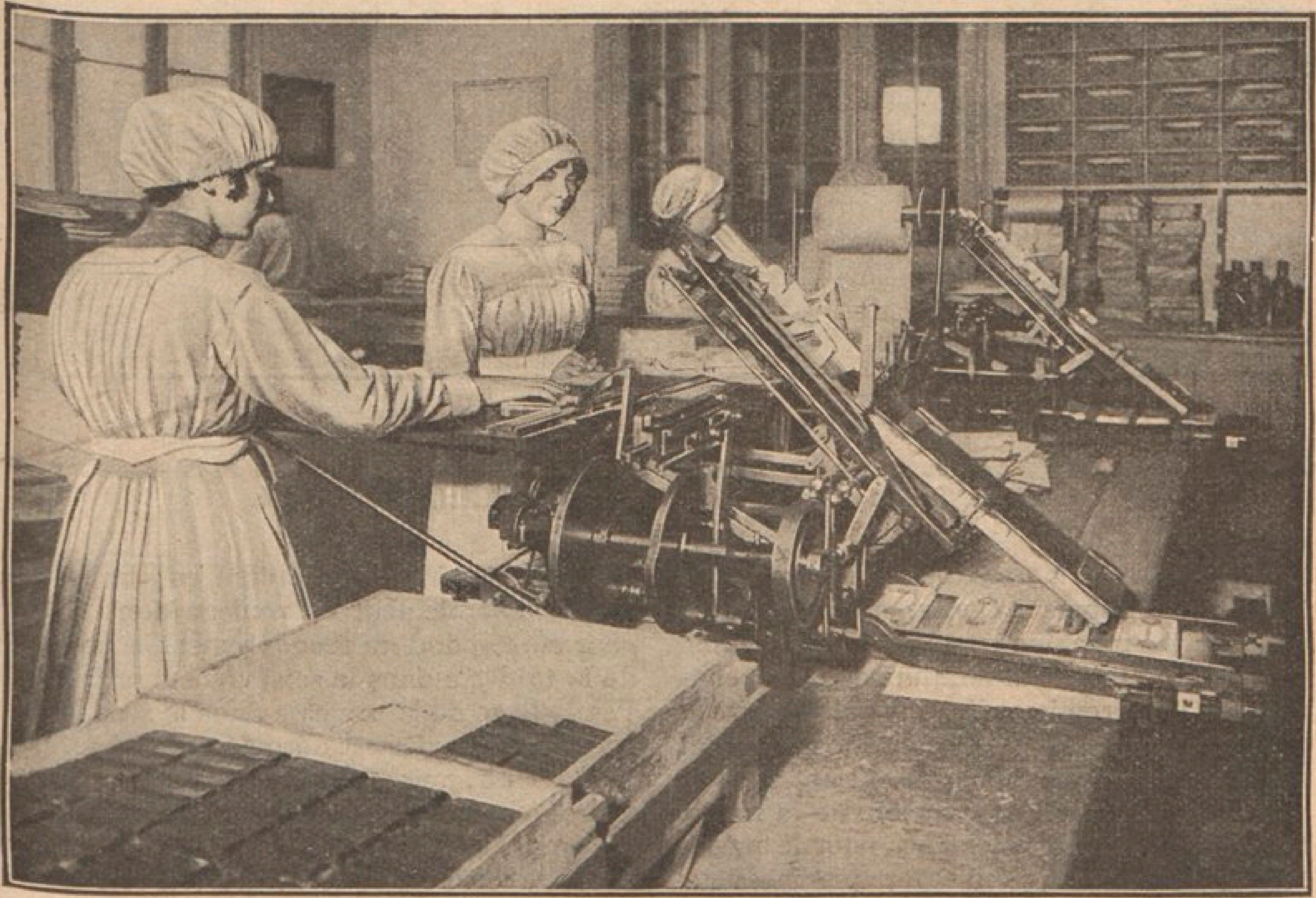


COUPE TRANSVERSALE SUIVANT L'AXE DES DOIGTS TRANSPORTEURS 7 ET 14

(Pour l'explication des références, voir la figure de la page précédente)

On a pu remédier à ces inconvénients en réalisant des machines automatiques dans lesquelles l'objet à envelopper, poussé par un coulisseau sur le papier, est saisi en même temps que ce dernier au moyen d'une pince et de deux doigts. La pince transporte l'objet et son enveloppe entre les deux doigts qui les font passer à travers l'ouverture de la plaque plieuse et entre deux mordaches qui maintiennent l'objet dans l'enveloppe pendant que les bords en sont repliés sur lui.

Les machines à emballer les tablettes de chocolat, les biscuits, les bonbons, etc., doivent donc remplacer un travail manuel qui, pour certains pliages, exige de l'adresse



MACHINES DESTINÉES A L'ENVELOPPAGE DES TABLETTES DE CHOCOLAT

Ce système réalise les derniers perfectionnements imaginés pour ce genre d'appareils. Le papier intérieur et l'étiquette sont pliés en une seule opération, ce qui accélère et simplifie le travail.

et de la dextérité. Les différentes opérations à obtenir simultanément ou séparément sont effectuées par des cames munies de rainures concentriques ou excentriques, transmettant par des commandes appropriées les mouvements nécessaires aux organes de pliage.

L'alimentation des objets à emballer s'opère de plusieurs manières, soit par une courroie transporteuse, soit par un magasin, etc. Un dispositif d'embrayage permet la mise en route ou l'arrêt instantané de la machine.

La figure page 125 représente une plieuse pour tablettes de chocolat de 250 grammes. On aperçoit aisément les deux magasins faisant saillie au-dessus de la machine. L'un sert à l'alimentation, l'autre à l'expulsion. Les tablettes sont placées en piles dans le magasin d'alimentation. Un organe les prend au bas de la pile, une par une, et les amène dans un poste, d'où elles commencent leur voyage à travers la machine avec le papier destiné à l'emballage intérieur. Ce premier

ATELIER D'EMPAQUETAGE MÉCANIQUE DANS UNE GRANDE CHOCOLATERIE

On voit, à droite, une file de machines à emballer les bonbons, et, au centre, une section où l'on s'occupe plus particulièrement de l'enveloppage du chocolat en tablettes.

Les machines à emballer le chocolat en tablettes comportent deux genres distincts. La première machine enveloppe l'objet dans un papier d'étain, d'aluminium ou de parchemin en un premier pliage, puis dans une étiquette imprimée ou gaufrée en un second pliage, les deux opérations se faisant successivement. Le second type effectue le même travail, mais simultanément, pour le même objet qui est enveloppé avec le papier intérieur et l'étiquette pliés étroitement ensemble.

Dans les deux cas, on peut encarter automatiquement des chromolithographies ou des vignettes entre le papier et l'étiquette.

papier, en étain, en aluminium, en parchemin, forme généralement un rouleau dont la largeur correspond au recouvrement nécessaire de la tablette dans le sens transversal. Pour l'emballage de la tablette dans le sens longitudinal, le papier est déroulé du rouleau par un dévidoir, puis, ensuite, saisi par une pince. Coupé à la longueur voulue par des ciseaux, il est amené sous la tablette où il se trouve centré par rapport à cette dernière. Deux transporteurs entrent alors en action, l'un au-dessus, l'autre au-dessous de l'objet et prennent celui-ci avec son papier, puis, par un mouvement vertical descendant, le font

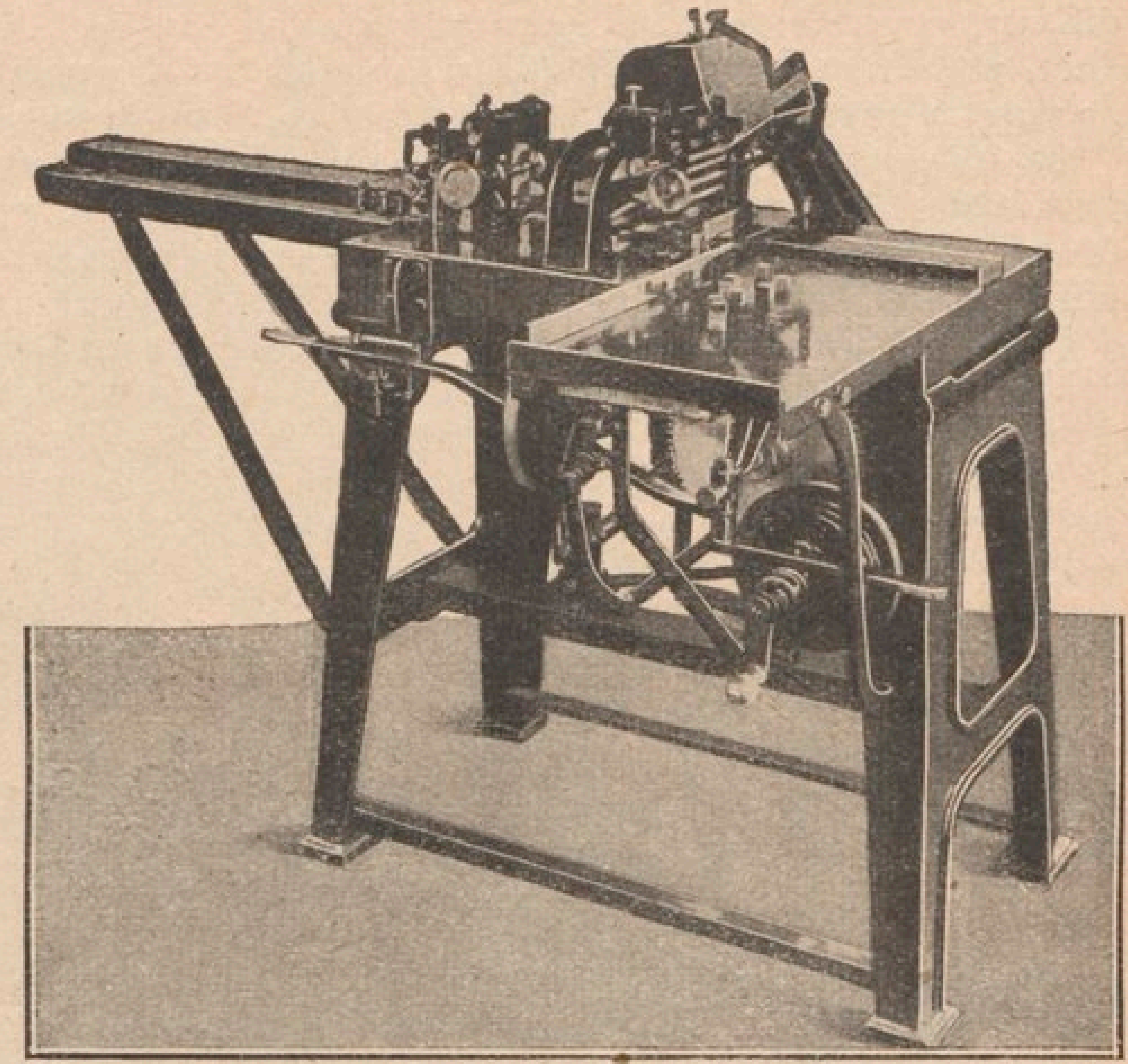
passer dans des guides convenablement disposés pour rabattre les plis transversaux et longitudinaux. Les plis supérieurs et latéraux sont faits par des plieurs mobiles qui recouvrent ainsi la tablette mieux que la main ne pourrait le faire, tout en utilisant la quantité minimum de papier nécessaire à cet effet.

Ce premier pliage terminé, on peut placer automatiquement une vignette sur le paquet, puis le second emballage s'effectue dans une étiquette quelconque. La tablette, poussée alors vers un emplacement déterminé, est prête à être recouverte d'une étiquette centrée au-dessous d'elle, laquelle est préalablement aspirée et séparée de sa pile contenue dans un magasin spécial, puis amenée par une pince. Un second jeu de transporteurs maintient tout le paquet, et, par un mouvement ascensionnel, lui fait traverser un appareil de pliage ingénieusement combiné pour remplacer les doigts les plus habiles à réaliser la répartition du papier et la formation des angles du paquet. Pendant son transport, l'étiquette est encollée sur l'un de ses bords, pour que chaque paquet soit convenablement fermé. Comme dans la première opération, des plieurs longitudinaux et latéraux terminent le pliage de l'étiquette; ces tablettes, quittant ensuite la machine, s'empilent dans le magasin de sortie d'où elles sont retirées aussitôt pour être placées dans les caisses servant à l'expédition.

Les deux emballages séparés, tels qu'ils sont effectués dans la machine ci-dessus, peuvent, comme nous l'avons dit, se faire simultanément; le travail de pliage est toujours le même, sauf qu'il s'effectue en une seule et même opération au lieu de deux, les deux papiers étant pliés ensemble pendant le passage au travers de l'appareil de pliage.

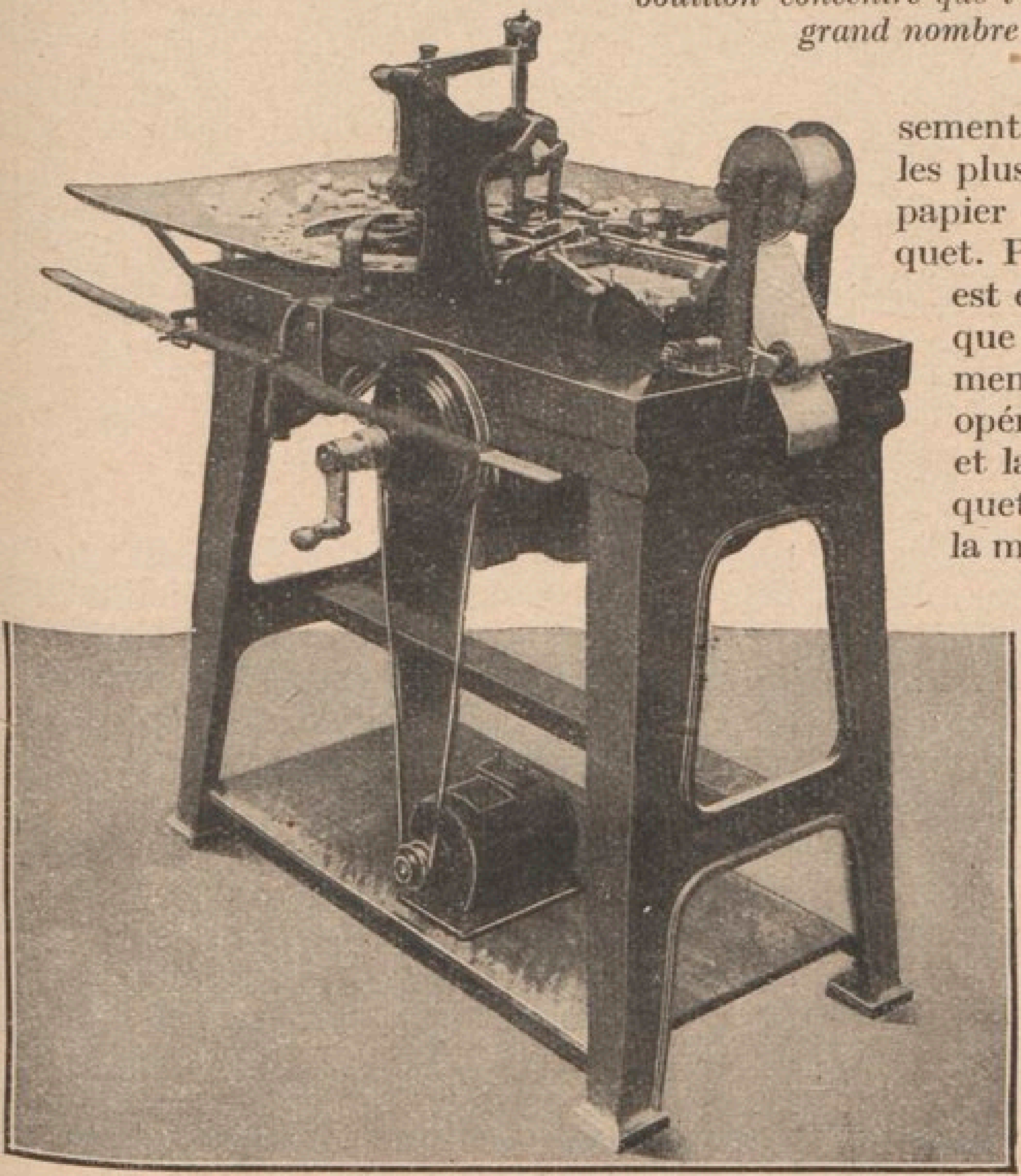
Les figures des pages 124 et 127 représentent des machines à deux emballages simultanés.

La production fournie par ces



MACHINE UTILISÉE POUR FAIRE DES PAQUETS DE 3, 4, 5 CUBES ET MÊME DAVANTAGE, JUSQU'A 10.

C'est avec cet outillage que l'on prépare les paquets de cubes de bouillon concentré que l'on voit aujourd'hui en vente dans un grand nombre de magasins d'alimentation.



ENVELOPPAGE MÉCANIQUE DE CHOCOLATS PRALINÉS

Ces appareils peuvent emballer de 40 à 60 pièces à l'heure, même s'il agit de bonbons mous ou contenant de la liqueur.

différentes machines, maintenant très répandues, varie d'après le format des tablettes de vingt à quarante emballages par minute.

Le pliage peut être fait de différentes manières, soit avec étiquette en forme de losange, soit avec étiquette rectangulaire ou encore avec banderole longue et étroite.

Outre les machines à emballer les tablettes de chocolat de 50 à 250 grammes, il en existe d'autres servant à plier les chocolats en forme de cubes dits dominos ou napolitains, qui ont été les premières de leur genre. Elles travaillent comme les machines représentées par les figures pages 124 et 127 et exécutent deux pliages simultanément, tout en étant de dimensions réduites.

La production de ce type de machine est de 80 pièces par minute, ce qui représente 40 à 45.000 pliages pour une journée de dix heures, en tenant compte des arrêts. Un autre dispositif de machine, de construction un peu différente, mais faisant les mêmes emballages que les machines à chocolat, sert à empaqueter les pains de beurre de coco (végétaline, cocose) ou autres produits similaires.

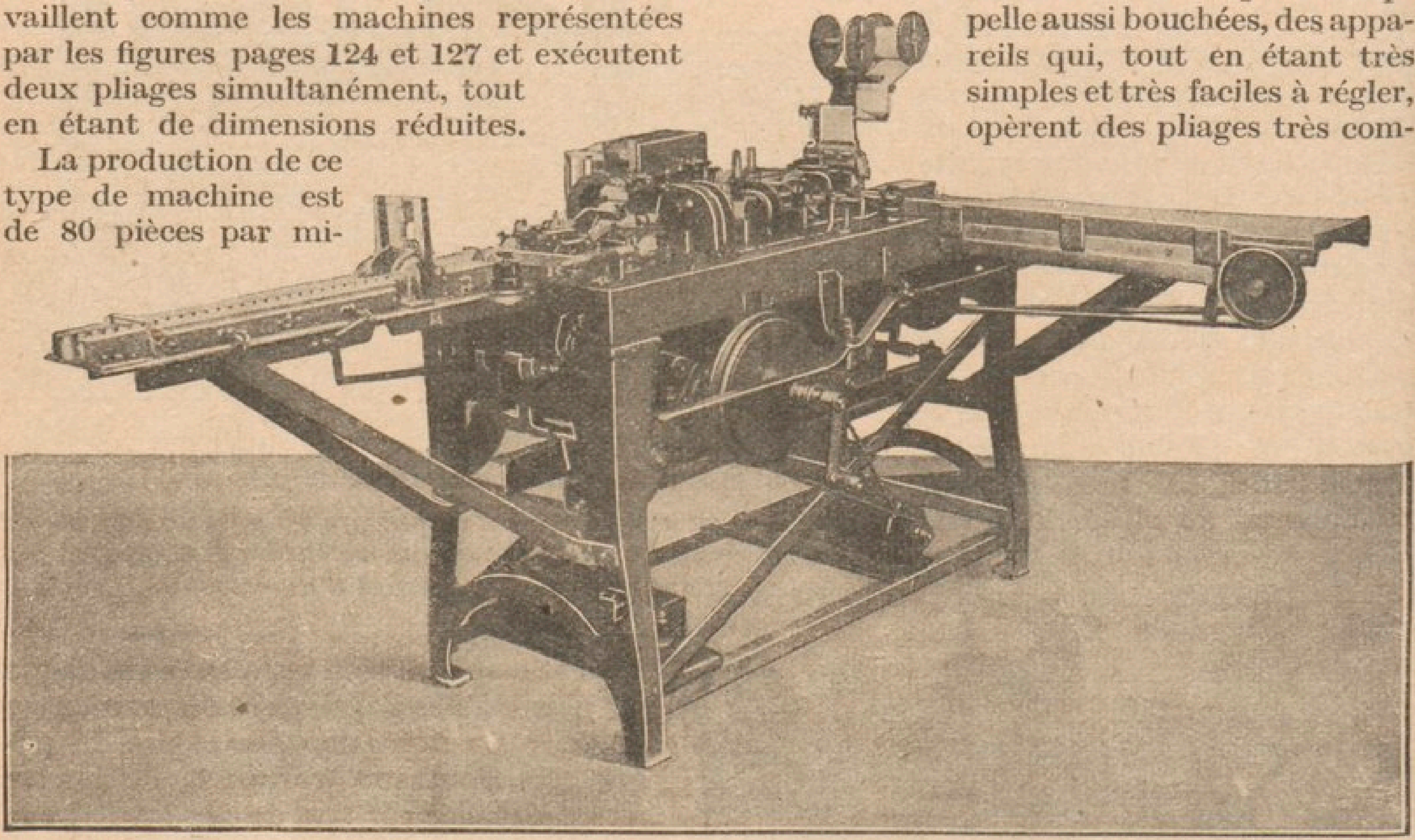
Les machines à emballer les croquettes de chocolat sont conçues d'une manière particulièrement ingénieuse et pratique.

Les croquettes, empilées dans un magasin cylindrique, en sortent une par une, ou, dans certains cas, par paire, pour être saisies au moyen d'une pince, avec la feuille d'étain ou d'aluminium coupée à la longueur voulue. Un jeu de transporteurs tient le tout ensemble et le fait passer au travers d'un disque destiné à relever les bords de l'étain ou de l'aluminium tout autour de l'objet. Cette opération terminée, des plieurs passent au-dessus des croquettes et rabattent convenablement l'étain, puis, la ou les croquettes sont poussées entre deux rouleaux de caoutchouc qui aplatissent les plis, pour aller ensuite s'empiler dans le canal de sortie La production d'une machine de cette catégorie peut varier de 50 à 60 paquets par minute suivant la rapidité de l'alimentation.

On emploie, pour emballer les bonbons de chocolat fourrés, que l'on appelle aussi bouchées, des appareils qui, tout en étant très simples et très faciles à régler, opèrent des pliages très compliqués. Sur un même type de machine, on peut emballer des bonbons de n'importe quelle forme, pourvu que leurs dimensions n'excèdent pas un certain maximum déterminé pour la grandeur de la machine. Les dimensions des feuilles de papier d'étain sont proportionnées à celles de l'objet à envelopper et sont obtenues par un réglage spécial agissant sur la pince à papier.

Les machines à emballer les cubes de bouillon travaillent avec une précision parfaite et sont utilisées par centaines dans le monde entier. L'emballage des cubes se fait généralement en un papier parcheminé paraffiné entouré d'une petite étiquette ayant la forme d'une banderole.

Les comprimés, introduits dans la machine par un ruban d'alimentation, se présentent un par un sous un appareil de pliage ayant,

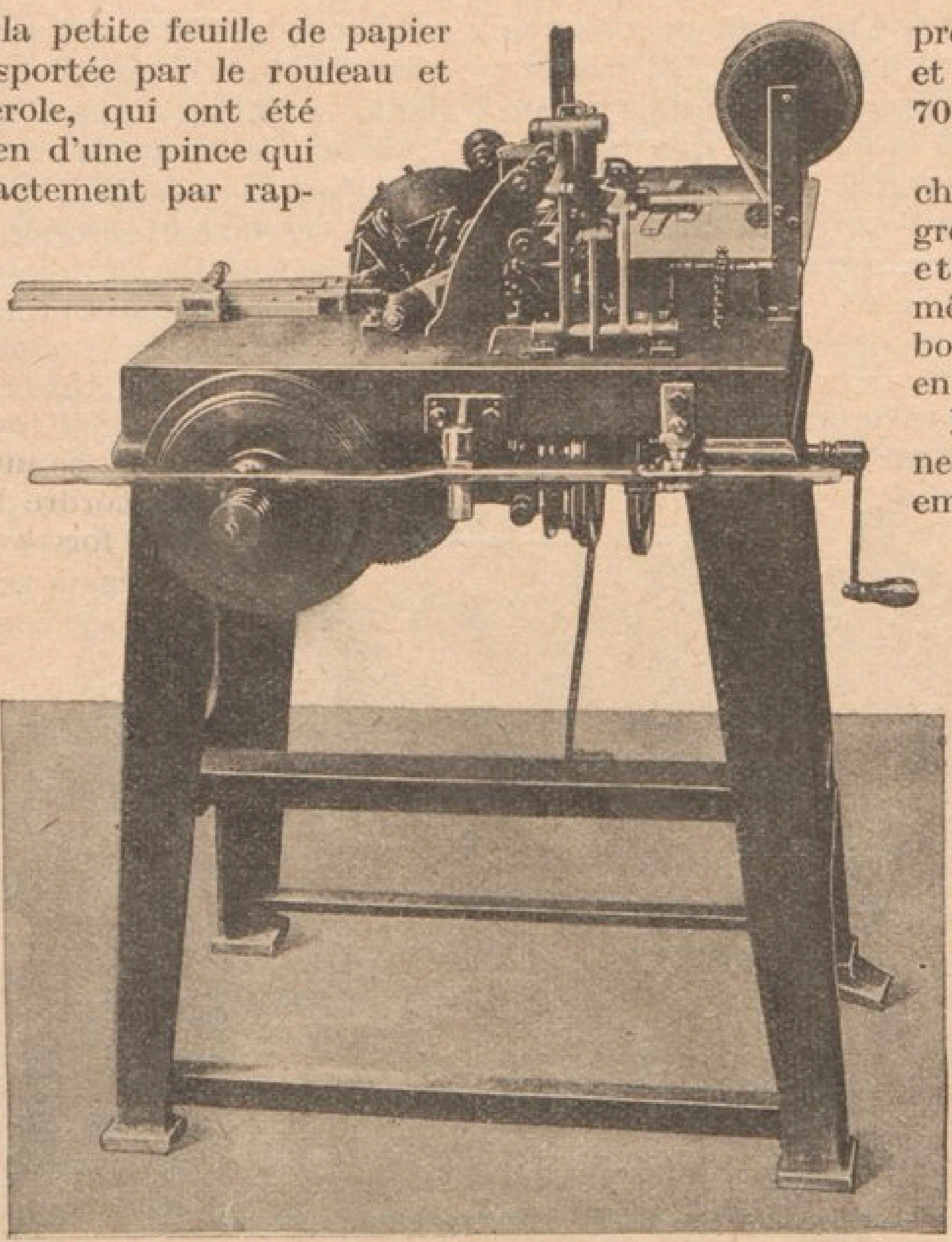


MACHINE SPÉCIALE POUR L'EMPAQUETAGE DES CUBES DE BOUILLON

Les cubes de bouillon sont enveloppés ici un à un d'un papier et d'une étiquette dont le collage est parfait, grâce à la présence d'un canal de sortie chauffé électriquement qui en active le séchage.

au-dessus d'eux, la petite feuille de papier parcheminé, transportée par le rouleau et l'étiquette banderole, qui ont été amenées au moyen d'une pince qui les centre très exactement par rapport à l'objet.

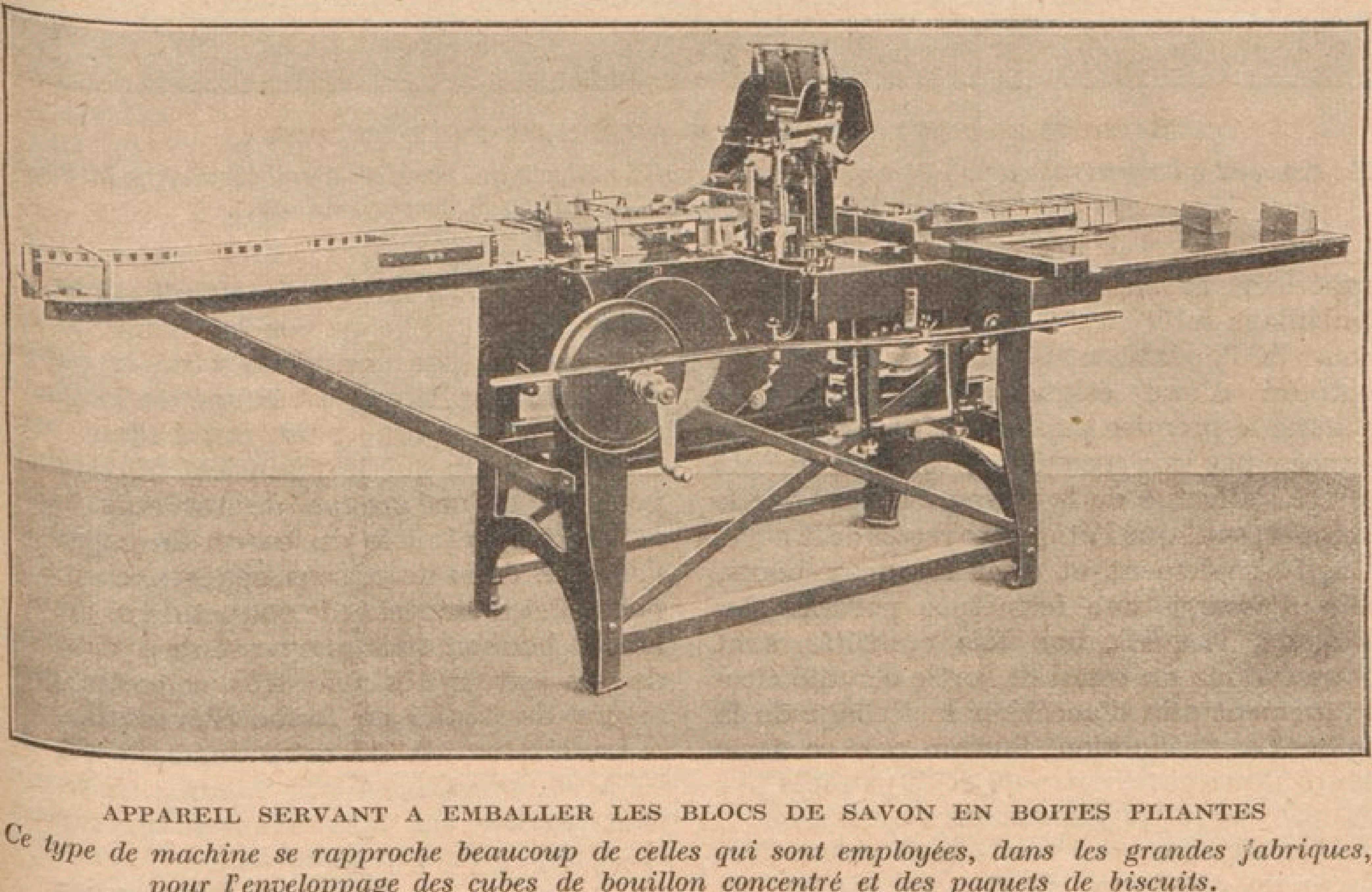
Le tout est alors serré entre des transporteurs qui le font passer au travers de l'appareil de pliage, lequel forme l'emballage sur les faces latérales et la partie supérieure du cube. La partie inférieure est fermée par des plieurs latéraux et longitudinaux convenablement disposés. L'étiquette étant collée, les cubes sont ensuite poussés dans un canal de sortie d'où ils tombent, prêts à l'expédition, et cela à raison de 70 à 80 par minute.



MACHINE A ENVELOPPER LES CARAMELS MOUS

Il existe des machines destinées à grouper trois, quatre et cinq cubes, et même dix cubes de bouillon concentré en un seul paquet.

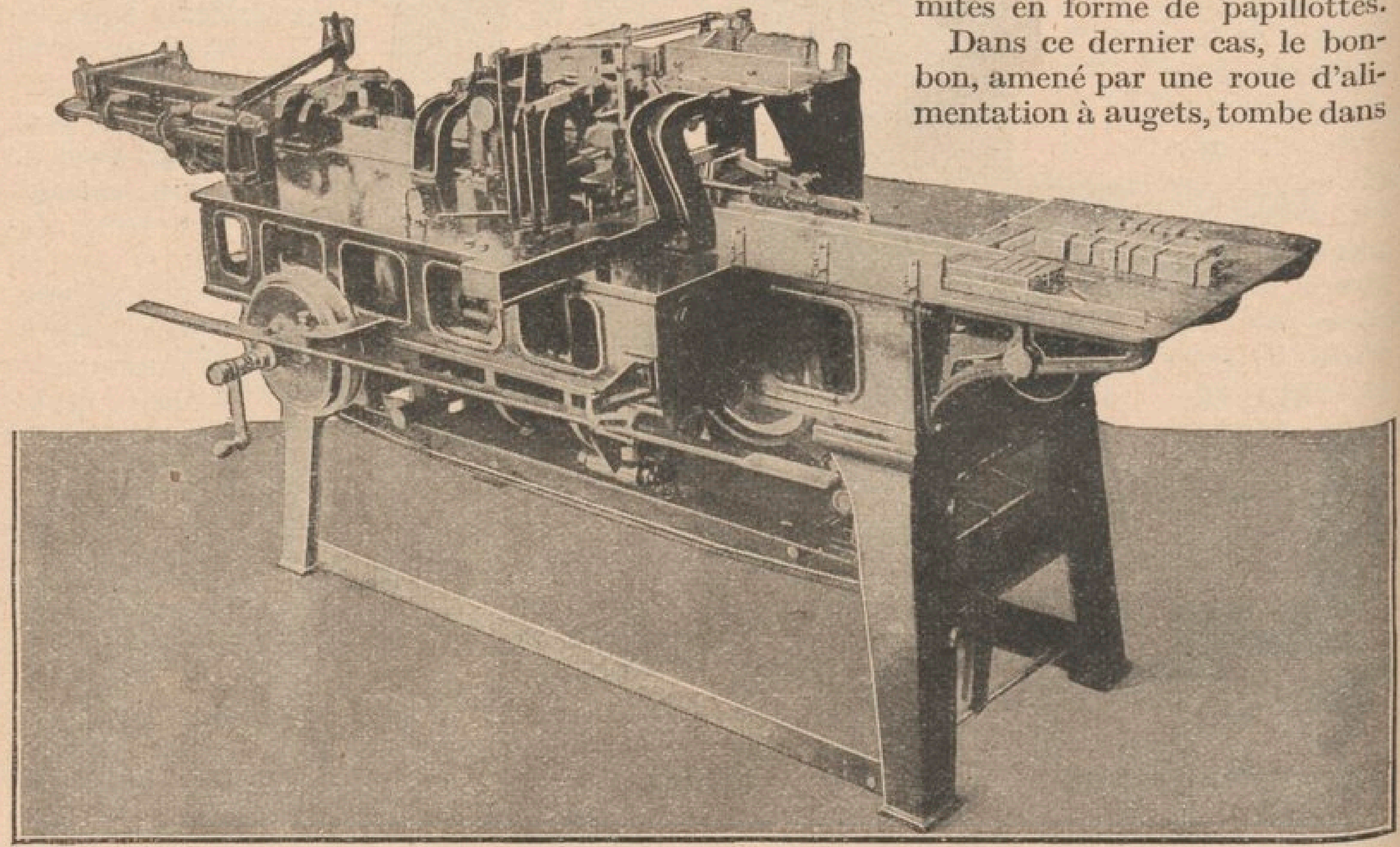
D'autres machines sont destinées à emballer séparément, ou par série de 6, 10, 12, des cubes de soupe, blocs de savon, biscuits, en un ou plusieurs papiers de parchemin, d'étain ou d'aluminium ; elles servent également à coller des étiquettes, et même, dans certains cas, à coller des timbres réclames sur les paquets. Ce type de machine diffère de



APPAREIL SERVANT A EMBALLER LES BLOCS DE SAVON EN BOITES PLIANTES

Ce type de machine se rapproche beaucoup de celles qui sont employées, dans les grandes fabriques, pour l'enveloppage des cubes de bouillon concentré et des paquets de biscuits.

ceux dont nous avons parlé, en ce sens que tout le travail d'emballage est fait par des plieurs. Le ou les papiers sont fournis par un rouleau, dévidés à la longueur que requiert l'emballage, puis coupés en feuilles et placés par des pinces dès l'entrée du cube dans la machine. Les cubes, amenés par une courroie de transport, sont introduits dans la machine par des poussoirs, engageant avec eux le papier dont il est parlé plus haut. Un dispositif de plaques de guidage, de plieurs latéraux fixes et mobiles, de plieurs



MACHINE SERVANT A FAIRE LES PAQUETS DE DIX BISCUITS

Cet appareil à l'aspect robuste effectue un travail des plus délicats qui consiste à emballer, sans les briser, des produits friables tels que biscuits, farineux, comprimés, etc...

supérieur et inférieur forme ce premier emballage intérieur. Puis le cube, poussé au cours de l'opération suivante, est prêt à être entouré d'une étiquette imprimée qui, comme le premier papier, est placée sur son passage par une seconde pince. Ce deuxième pliage s'effectue de la même manière que le premier, sauf que l'étiquette reçoit de la colle, longitudinalement et dans les deux bouts, afin d'assurer une fermeture parfaite des paquets, lesquels, une fois emballés, sont poussés dans un canal de sortie chauffé électriquement afin d'accélérer le séchage de la colle. La production fournie par ce type de machine varie entre 40 et 60 paquets par minute, selon les dimensions de ceux-ci.

L'enveloppage des bonbons et autres produits de confiserie s'opère au moyen de machines spéciales construites de telle manière que tout le travail de pliage se fait pendant la rotation d'une pièce mécanique dite revolver. Les caramels introduits dans ce dernier, sous la poussée d'un organe d'alimentation, se trouvent entourés d'un papier paraffiné dont les plis sont rabattus par des plieurs fixes et mobiles convenablement disposés.

Une machine également très intéressante est celle qui sert à envelopper des bonbons de forme quelconque dans un papier de soie ou autre, puis à en tordre les deux extrémités en forme de papillottes.

Dans ce dernier cas, le bonbon, amené par une roue d'alimentation à augets, tombe dans un canal, puis il est introduit dans un tube formé par le papier lui-même. Il est ensuite saisi par une pince avec le papier qui l'entoure, lequel est coupé de longueur avec des ciseaux, puis passé dans une seconde pince qui le maintient rigidement pendant qu'un groupe de tordeurs saisit les deux extrémités du canon de papier et l'enroule dans deux sens opposés, ce qui a pour effet d'empêcher le paquet de se dérouler. Le bonbon ainsi plié présente à chacune de ses extrémités une très coquette garniture de papier en forme d'éventail.

La production de cetre machine est de 60 à 80 emballages par minute, mais on peut parfois lui faire réaliser un travail beaucoup plus considérable.

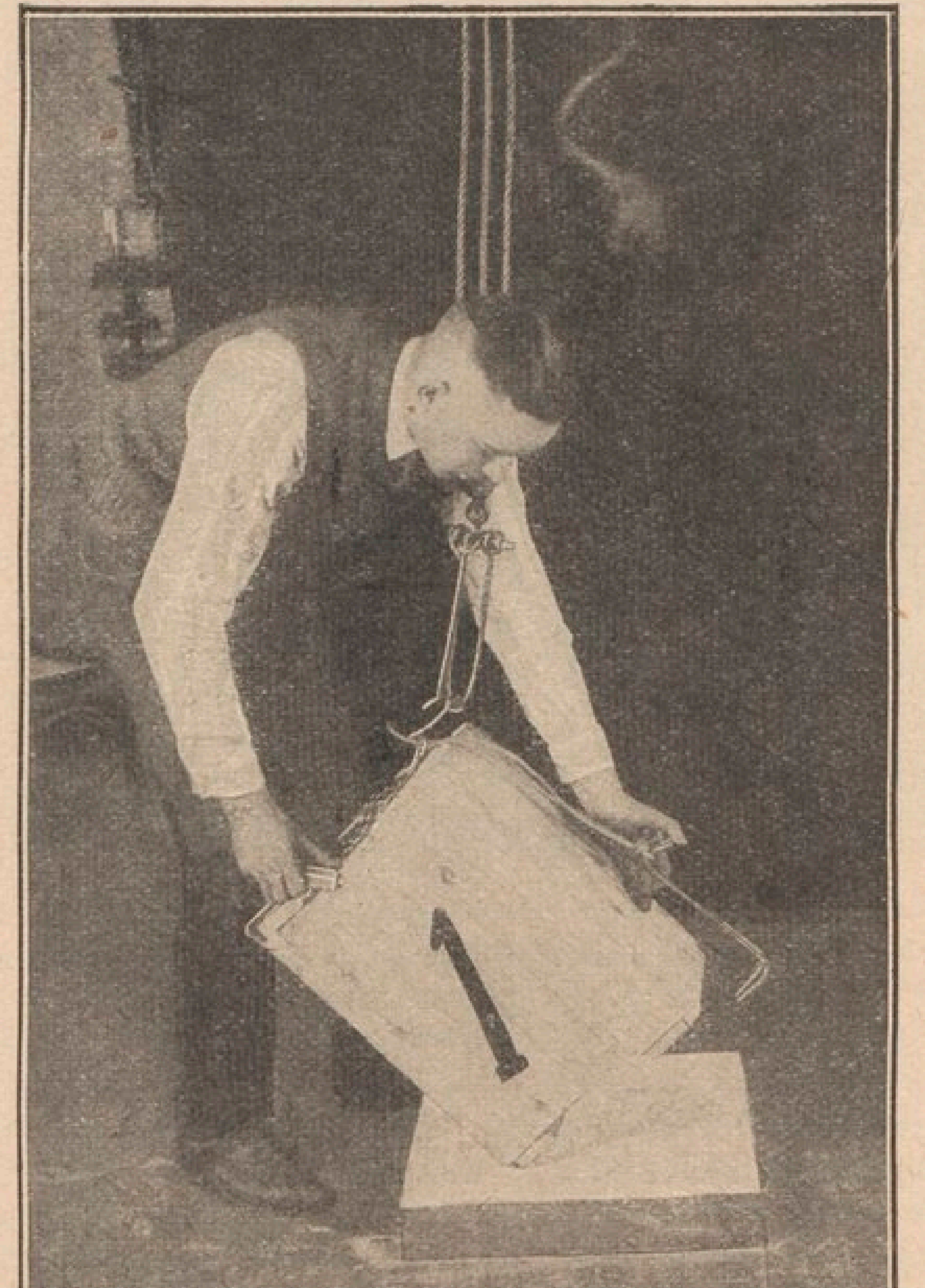
FERNAND RAGONDEAU.

LES ESSAIS DE RÉSISTANCE DES CAISSES D'EMBALLAGE EN BOIS

Par Vincent BEAUTREILLIS

La confection et le choix d'un emballage approprié à telle ou telle marchandise, s'adaptant parfaitement au mode de transport et aux opérations de manutention, ne sont pas choses si aisées qu'elles paraissent. L'expérience seule permet, en effet, de déterminer la nature, la forme et les dimensions des enveloppes plus ou moins solides, plus ou moins épaisses, destinées à préserver les produits, matières et objets, au cours de leurs pérégrinations terrestres, fluviales ou maritimes. Selon la chose à emballer, on se sert de caisses ou de boîtes en bois, de tonneaux, de barils ou de bidons, de paniers en vannerie ou de sacs en toile, de cartonnages ou de simples feuilles de papier.

Mais, de toutes les catégories d'emballages, les caisses *en bois* sont les plus utilisées. Aussi, maintenant, on les fabrique d'après des données rationnelles, de façon que les marchandises qu'elles protègent parviennent à destination sans se détériorer et sans, toutefois, que les frais d'expédition desdites marchandises s'élèvent par trop. De nombreux spécialistes s'attachèrent à examiner le problème sous ses divers aspects et quelques-uns ont déjà trouvé des solutions élégantes dans certains cas. Cela se passe en Amérique.

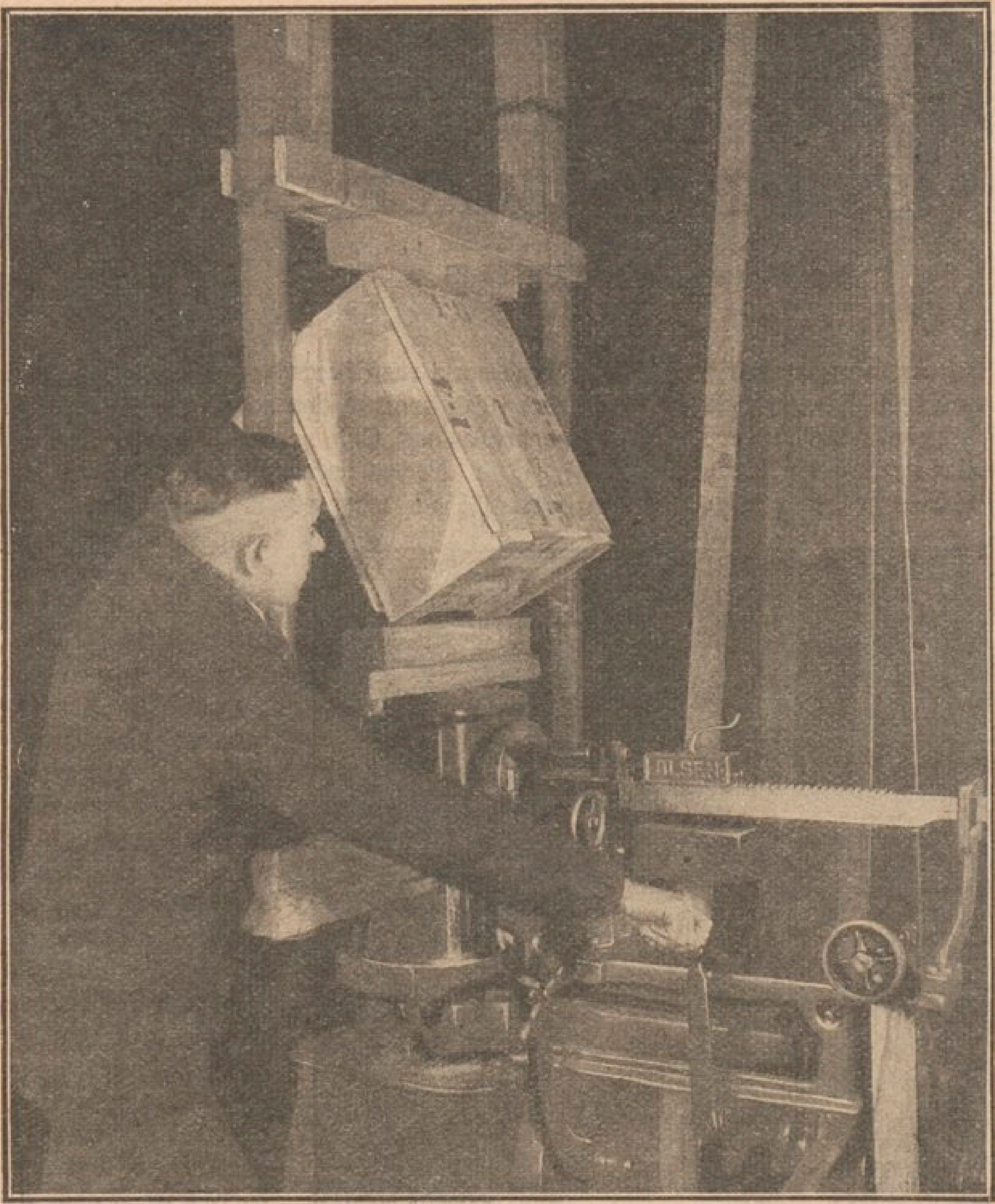


ACCROCHAGE D'UNE CAISSE D'EMBALLAGE POUR UN ESSAI DE CHUTE

On élève, au moyen d'une poulie, la caisse chargée de son contenu et un déclic de décrochage permet de la laisser tomber brusquement sur le sol.

Ainsi le *Forest products Laboratory* de Madison (Wisconsin) vient de se mettre à étudier les défauts des emballages employés actuellement aux Etats-Unis, et nous nous proposons de résumer ici ses intéressants travaux. Les habiles expérimentateurs de cette station d'essais s'occupent, en particulier, de la *résistance des caisses* confectionnées avec divers bois blancs et légers (sapin, pin maritime, peuplier, bouleau, hêtre, etc.). Pour mener à bien leur tâche, ils ont imaginé quelques appareils évidemment curieux.

L'une de ces machines permet l'*essai statique* des boîtes. Grâce à une manivelle et à un curseur se déplaçant le long d'un levier, l'observateur peut varier l'effort exercé sur la tige d'un piston qui pousse une plate-forme. Celle-ci monte entre deux tiges verticales servant, avec une poutre de bois horizontale, à maintenir en place la caisse d'emballage. On procède à une épreuve de compression alternativement le



MACHINE A ESSAYER LA RÉSISTANCE DES CAISSES D'EMBALLAGE

Sur cette photographie, on voit l'expérimentateur appliquer la pression diagonalement sur les arêtes opposées de la caisse, afin de mieux se rendre compte de la résistance qu'elle offre à l'effort progressif de la presse.

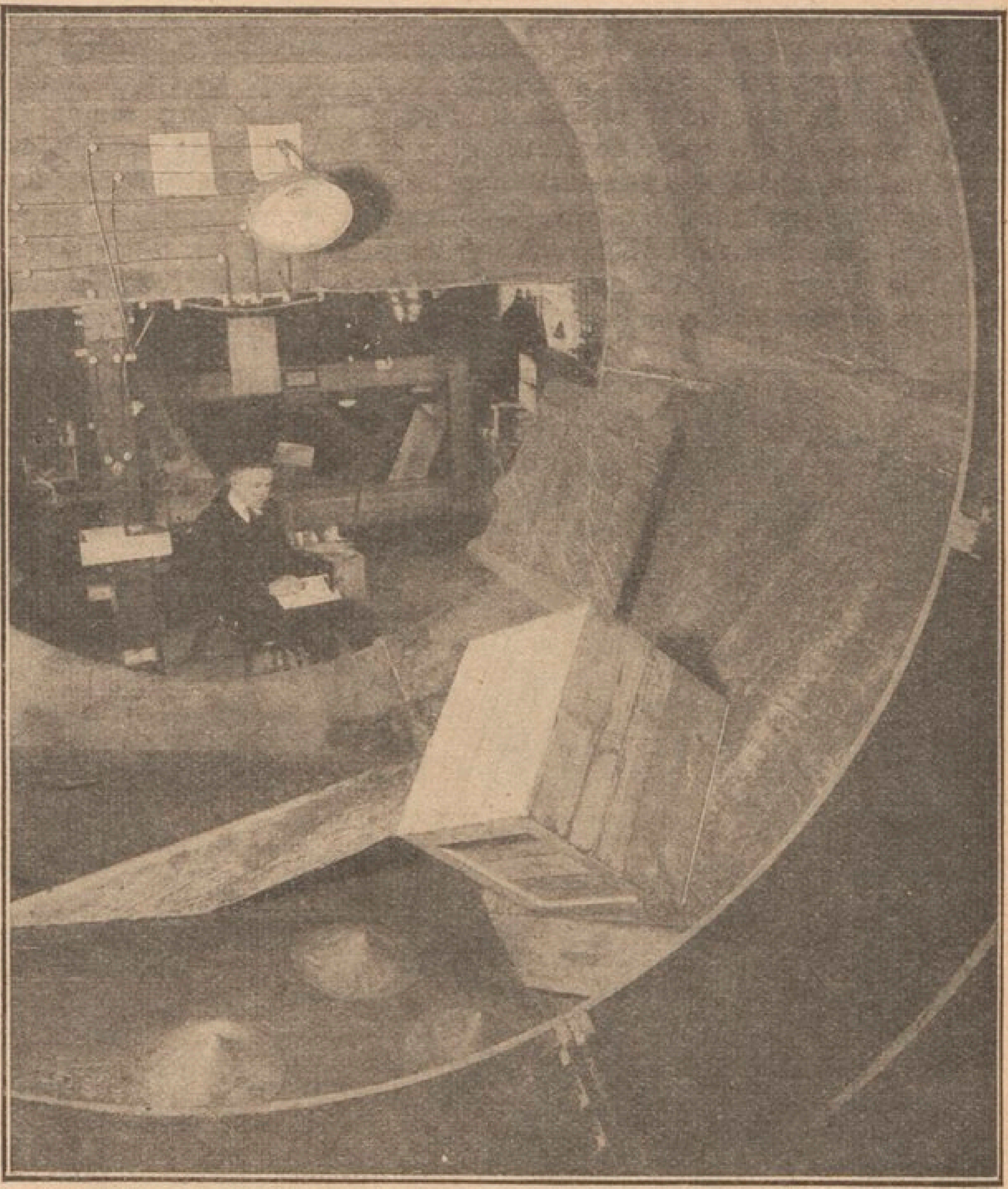
valeur de la résistance cherchée.

Aussi les savants du laboratoire de Madison s'adressent au *tambour tournant* pour déterminer, de façon plus rationnelle et plus exacte, la valeur relative des emballages. Ce tambour est un prisme hexagonal pouvant tourner très lentement autour de son axe, disposé horizontalement ; on place dans son intérieur les caisses qui, au cours de la rotation, heurtent ses côtés, et en y introduisant des obstacles divers, on réalise les conditions que lesdites boîtes rencontrent dans leur service habituel. Elles tombent tantôt sur le fond, tantôt sur le couvercle, tantôt sur un angle, tantôt elles rencontrent d'autres boîtes. L'observateur, sis à proximité de l'appareil, consigne soigneusement le début des ruptures et suit leur avancement progressif au cours de l'essai jusqu'à ce que la caisse se brise complètement et répande son contenu dans le tambour.

long de chaque angle de la caisse, ou mieux on applique la pression diagonalement sur les coins opposés afin de mesurer la résistance qu'offre la caisse à la mise en piles.

Avec la première de nos photographies, nous assistons aux observations dites de contact et qu'il serait plus juste de nommer *essais de chute*. On élève, au moyen d'une poulie, la caisse chargée de son contenu habituel, et un déclic de décrochage permet de la laisser tomber soit sur un plancher, soit sur un de ses coins, soit sur un de ses côtés, soit à plat. On compare de la sorte deux espèces de boîtes l'une avec l'autre, mais les conclusions tirées des expériences sont cependant limitées, car la cassure s'opère trop brusquement pour qu'on puisse en déduire la véritable

D'après les expériences poursuivies, les ruptures proviennent soit du manque de clous, de leur petitesse, de leur longueur ou de leur mise dans une fente. Parfois aussi, les planchettes du fond, du côté ou du couvercle sont trop minces ou enfin le poids des objets inclus décloue ou même enfonce, soit le fond, soit le couvercle. Naturellement, les séries d'essais exécutés dans l'original laboratoire américain varient avec chaque genre d'emballages, chaque variété de bois, et on les recommence jusqu'à ce qu'elles fournissent les données indispensables à la fabrication de boîtes de plus en plus parfaites, de mieux en



TAMBOUR TOURNANT DU « FOREST PRODUCTS LABORATORY »

Au cours de la rotation du tambour, la caisse va heurter divers obstacles, de façon à réaliser expérimentalement les conditions qu'elle ne manquera pas de rencontrer dans son service habituel.

mieux appropriées à leur destination.

Voyons maintenant comment la fabrication des emballages en bois doit être conduite pour donner pleine satisfaction aux expéditeurs de toutes sortes de marchandises.

Pour les *caisses à claire-voie* destinées principalement à l'emballage des œufs, de la volaille et des fruits ou légumes ordinaires, on les confectionne très simplement avec des planches d'une résistance suffisante pour protéger en cours de route les produits qu'elles renferment en laissant des vides nécessaires à l'aération. En France, on fabrique quatre grandeurs de caisses à claire-voie pour les œufs, pouvant contenir respectivement 500, 720, 1.000 ou 1.440 œufs superposés en hauteur sur cinq couches. Les planches de ces emballages doivent mesurer un centimètre d'épaisseur au minimum.

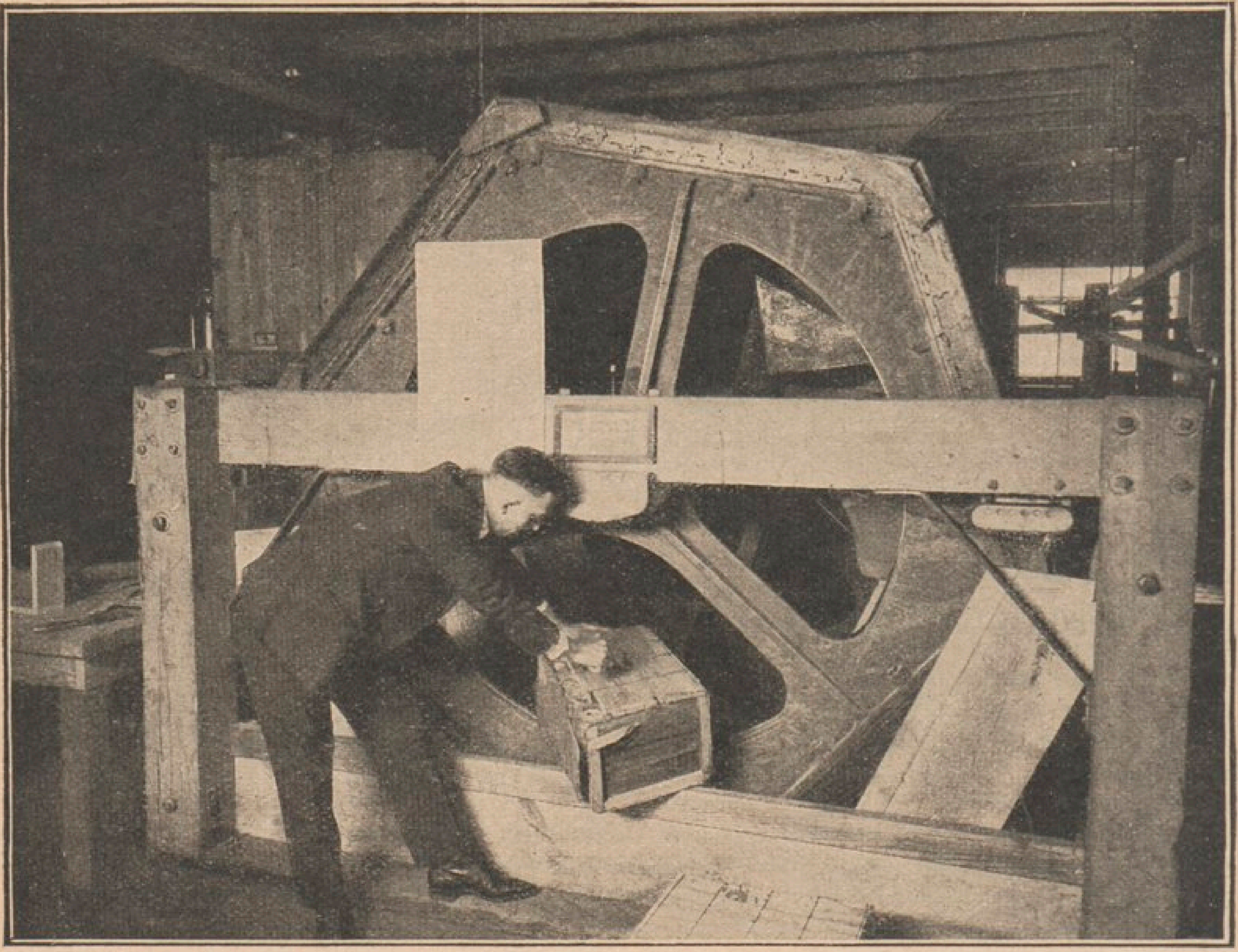
Les *caisses à têtes barrées*, c'est-à-dire les caisses consolidées au moyen de cadres constitués par des lattes ou des lames, d'une fabrication moins rudimentaire, exigent nécessairement des machines plus compliquées pour leur fabrication. On commence, en effet, par débiter les bois en grume avec des scies alternatives ou des scies circulaires, de façon à les partager en plateaux que l'on refend ensuite à 10, 12, 14 et 15 millimètres, au moyen d'autres scies circulaires ou à ruban. Les scies alternatives peuvent être verticales ou horizontales. Les premières comprennent une ou plusieurs lames sciantes montées sur un châssis rectangulaire, que des glissières permettent de guider dans leur mouvement de va-et-vient, reçu par l'intermédiaire d'une bielle et d'une manivelle.

Les scies verticales alternatives s'utilisent avantageusement pour débiter en une seule fois les bois en grume ou les grosses pièces équarries avec le nombre de lames égal à celui des traits à réaliser. Mais elles ne sont pas économiques lorsqu'on veut équarrir un arbre ou le diviser seulement en deux morceaux, car on n'exécute alors qu'un ou deux traits à la fois. En ce cas, les fabricants de caisses préfèrent se servir des scies dites « à ruban » dont l'organe principal se compose de lames dentées en acier, soudées bout à bout et constituant une sorte de courroie sans fin, tendue entre deux poulies.

Enfin, les scies circulaires s'emploient concurremment avec les scies à ruban pour

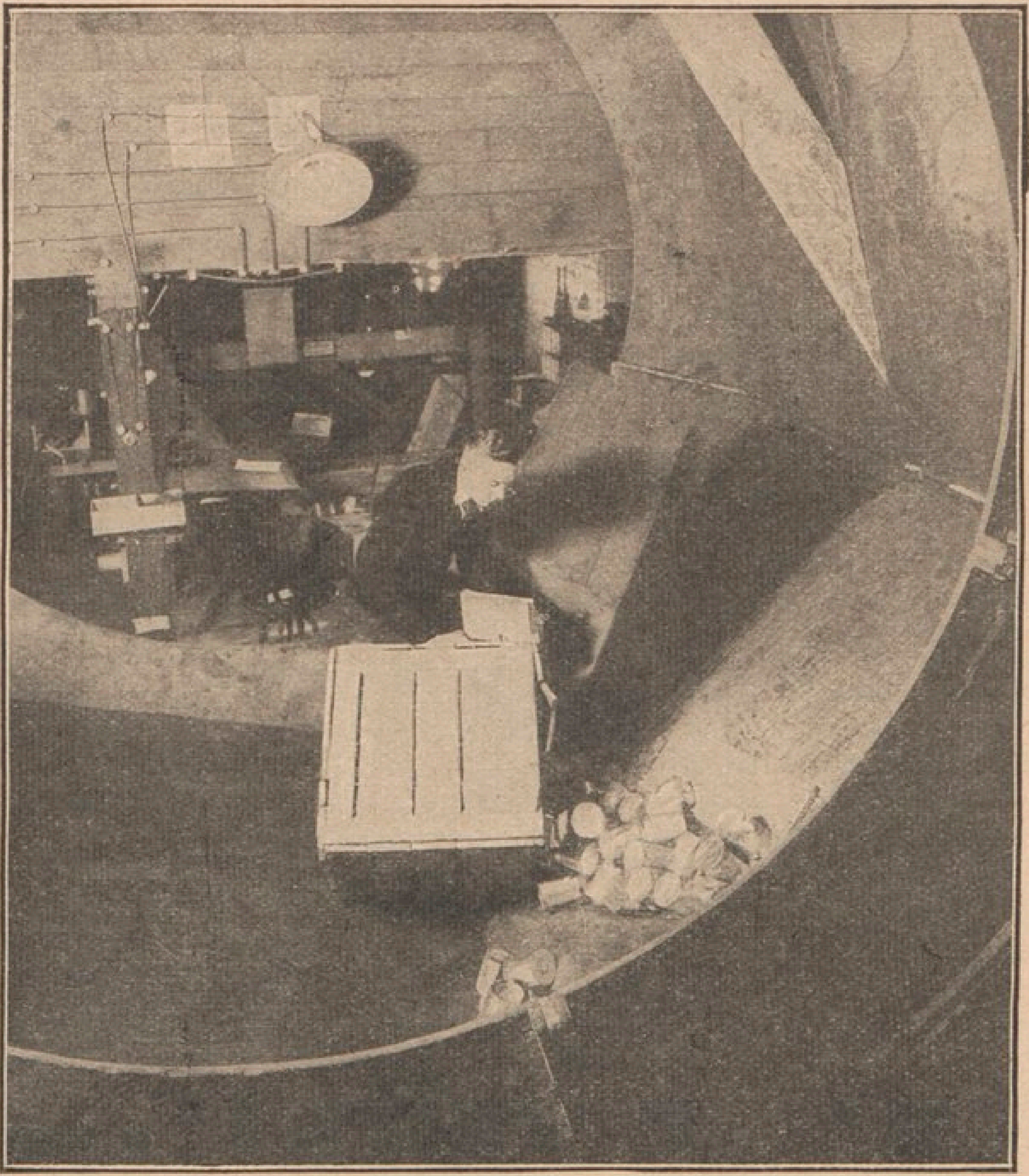
refendre les plateaux ou les madriers équarris en planches d'épaisseurs appropriées aux différentes sortes de caisses. En principe, une scie circulaire comprend un disque d'acier denté sur sa circonférence, fixé à un arbre de rotation horizontal et traversant une table sur laquelle glisse le bois à débiter. D'ailleurs, des rouleaux, prolongeant ladite table, facilitent le glissement de la pièce à travailler. Pour sectionner les planches rapidement à la longueur désirée, les fabriques de caisses d'emballage emploient des types de scies circulaires munies d'un chariot léger qui, grâce à des galets, roule avec facilité sur la table et sur deux tréteaux indépendants. Un guide permet de mettre parfaitement d'équerre la planche pour le sciage en travers, et une butée mobile en règle la longueur.

Une fois les panneaux et les barres réalisés avec l'un ou l'autre des instruments de sciage ci-dessus décrits, il s'agit de clouer les barres sur les têtes, de monter les cadres et de fixer les fonds sur ces derniers afin d'en faire des caisses d'emballage. Dans les petits ateliers, le clouage s'exécute encore manuellement mais, dans les grandes fabriques, la *machine à clouer Morgan* facilite singulièrement les travaux d'assemblage. Elle fonctionne, en principe, de la manière suivante. Une boîte en tôle reçoit les clous qu'elle distribue automatiquement aux porte-clous dans lesquels se meuvent des tiges formant marteaux d'enfoncement. Le fond de cette boîte porte, sur la moitié de sa longueur, des rainures, dont une manette, disposée sur le côté de la machine, permet à l'ouvrier de faire varier les écartements. En outre, ladite boîte se fixe au bâti de la machine à l'aide d'un axe, appliqué lui-même le long d'un de ses côtés et autour duquel la boîte peut tourner comme autour d'une charnière, grâce à une manivelle fixée, d'un côté, au milieu de son fond et, d'autre part, à un excentrique commandé par le moteur. Le mouvement de cet excentrique imprime à la boîte un mouvement d'oscillation destiné à rejeter sans cesse dans celle-ci les clous d'avant en arrière. Alors quand les clous touchent les rainures, leurs pointes s'y engagent jusqu'à la tête et ils se disposent de la sorte, automa-



UNE CAISSE PEU SOLIDE EST RETIRÉE DU TAMBOUR EN TRÈS PITEUX ÉTAT

tiquement les uns après les autres dans chacune des rainures. A la suite de ces dernières, établies en nombre égal à celui des clous qu'on désire pouvoir enfoncer à la fois, se trouvent d'autres rainures fixes, portées par le bâti de la machine et dans lesquelles les clous cheminent peu à peu jusqu'à des rondelles munies d'une encoche. Comme ces rondelles sont solidaires de petits engrenages à commande unique, le conducteur de la machine n'a qu'à appuyer sur une pédale quand il désire enfoncer des clous. Alors, toutes les rondelles entraînent immédiatement les clous sis en regard de l'encoche et les dirigent vers des conduits correspondant aux porte-clous ; dès qu'ils y sont tombés, un déclanchement agit sur un chariot qui, appuyant sur les clous, les fait sortir verticalement des porte-clous. Pendant ces manœuvres, l'ouvrier dispose les planches sous ces derniers et tout un côté de la caisse d'emballage se trouve cloué d'un seul coup. Pour le clouage des barres, les porte-clous se déplacent le long de deux glissières dont on varie l'écartement à volonté, de manière à pouvoir mettre les deux lignes de clous à la distance désirée. D'autre part, pendant que les clous s'enfoncent dans les panneaux, un mécanisme ingénieux provoque le soulèvement automatique d'une partie de la table qui vient river les clous en dessous. Naturellement, les porte-clous se déplacent sur leurs glissières jusqu'à l'endroit désiré et la table s'élève ou s'abaisse pour permettre le clouage des boîtes de toutes dimensions.



COMPLÈTEMENT DÉMOLIE AU COURS D'UN ESSAI, CETTE CAISSE LAISSE ÉCHAPPER SON CONTENU DE BOITES DE CONSERVES

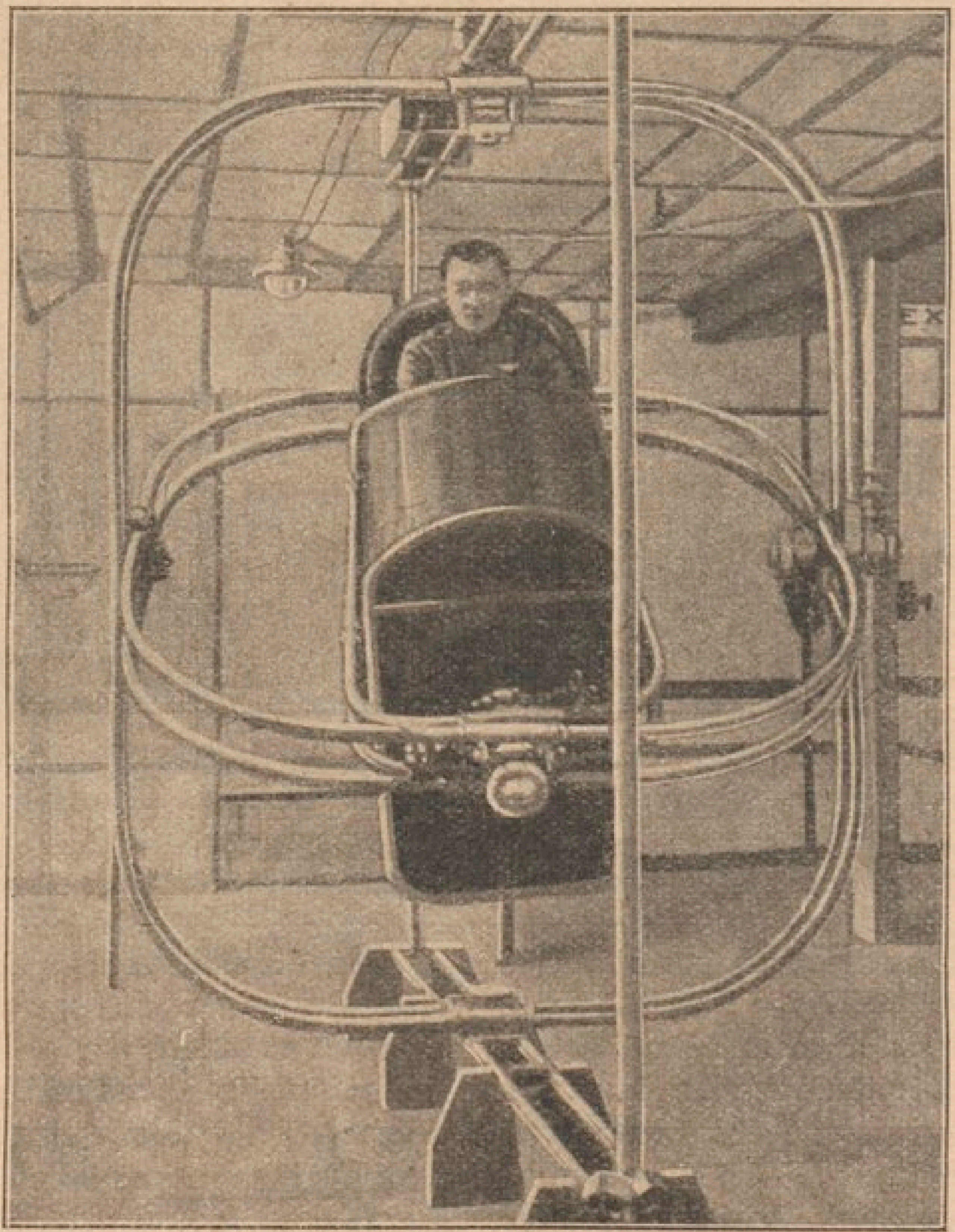
L'observateur a consigné soigneusement le début des ruptures et suivi leur avancement progressif jusqu'à ce que la caisse se disloquât complètement.

Mais, indépendamment de ces emballages en bois d'usage courant, on fabrique aujourd'hui des caisses plus perfectionnées, dont les faces s'assemblent par *rainures* et *languettes*. Les panneaux constitutifs de leurs côtés se préparent à l'aide d'une machine spéciale dont l'organe principal est un arbre vertical animé d'un mouvement de rotation rapide et sur lequel se montent les outils nécessaires à la confection des rainures et languettes.

Enfin, pour clore cette énumération, du reste fort incomplète, des caisses d'emballages, nous citerons encore les *caisses en bois armées de fils de fer*, très résistantes malgré leur légèreté, et les *caisses avec des bois débités par déroulage*, dont l'emploi se généralise en France car ce mode de fabrication évite le rabotage, le trait de scie et la transformation très onéreuse de la grume en panneaux. V. BEAUTREILLIS.

UNE ÉCOLE D'ACROBATIE AÉRIENNE EN CHAMBRE

Les Américains, gens d'imagination éminemment pratique quand elle n'est pas trop compliquée, ont résolu le problème de pratiquer en chambre bien des sports qui nécessiteraient en plein air des accessoires coûteux et volumineux ; ils ont ainsi inventé le *home-trainer* qui permet de ramer sans bateau et de reproduire sur le plancher d'un salon les mêmes mouvements qu'exige sur l'eau la science de l'aviron. Dans cet ordre d'idées, le jour où l'aviation est née et où les événements ont demandé l'instruction rapide de pilotes, un instrument spécial a été conçu et aussitôt construit, pour familiariser les élèves aviateurs à tous les mystères du vol, avec looping, glissades sur l'aile, retournements, chute en vrille, etc... sans qu'ils aient à risquer leur existence et sans qu'il y ait danger de briser un avion. Avec cet appareil, inutile de s'élever dans les airs, de survoler les plaines et les monts, de se faire emporter par le vent ou attirer dans de traîtres remous ; installé dans un local clos, à l'abri de toutes les surprises atmosphériques, l'élève pilote pouvait, maintenu par des courroies sur un siège semblable à celui d'un aéroplane, et tenant en mains les commandes nécessaires, reproduire et exécuter tous les exercices plus ou moins difficiles et scabreux que nous venons d'énumérer, et même simuler des combats.



Le principe de cet appareil repose sur un dispositif à cardan, composé de trois cercles concentriques reliés et suspendus de telle sorte qu'ils peuvent pivoter chacun séparément et dans des sens différents autour d'un même axe central. Au cercle intérieur est fixée une nacelle ayant la forme et la dimension de la partie du fuselage dans laquelle s'asseoit l'aviateur. L'élève a, devant et autour de lui, les commandes et accessoires que comporte un véritable aéroplane. De petits moteurs électriques, démultipliés pour obtenir de grandes vitesses, fournissent la puissance nécessaire aux évolutions. La direction et la commande du gouvernail permettent d'interrompre les contacts aux différents moteurs ou de rétablir le courant ; l'action de ces moteurs est immédiate.

Le pilote, conduisant son appareil dans les airs, est, à chaque seconde, surpris par des mouvements divers, contre lesquels il ne saura se défendre que par la grande habitude qu'il en aura ; c'est, en somme, à des mouvements réflexes qu'il doit habituer ses muscles et ses nerfs, et c'est en cela que consiste le rôle de cet appareil, extrêmement fatigant d'ailleurs. Les élèves soumis à cet entraînement étaient sous la surveillance constante d'un officier et d'un médecin.

L'ÉVOLUTION DU RADIATEUR D'AUTO

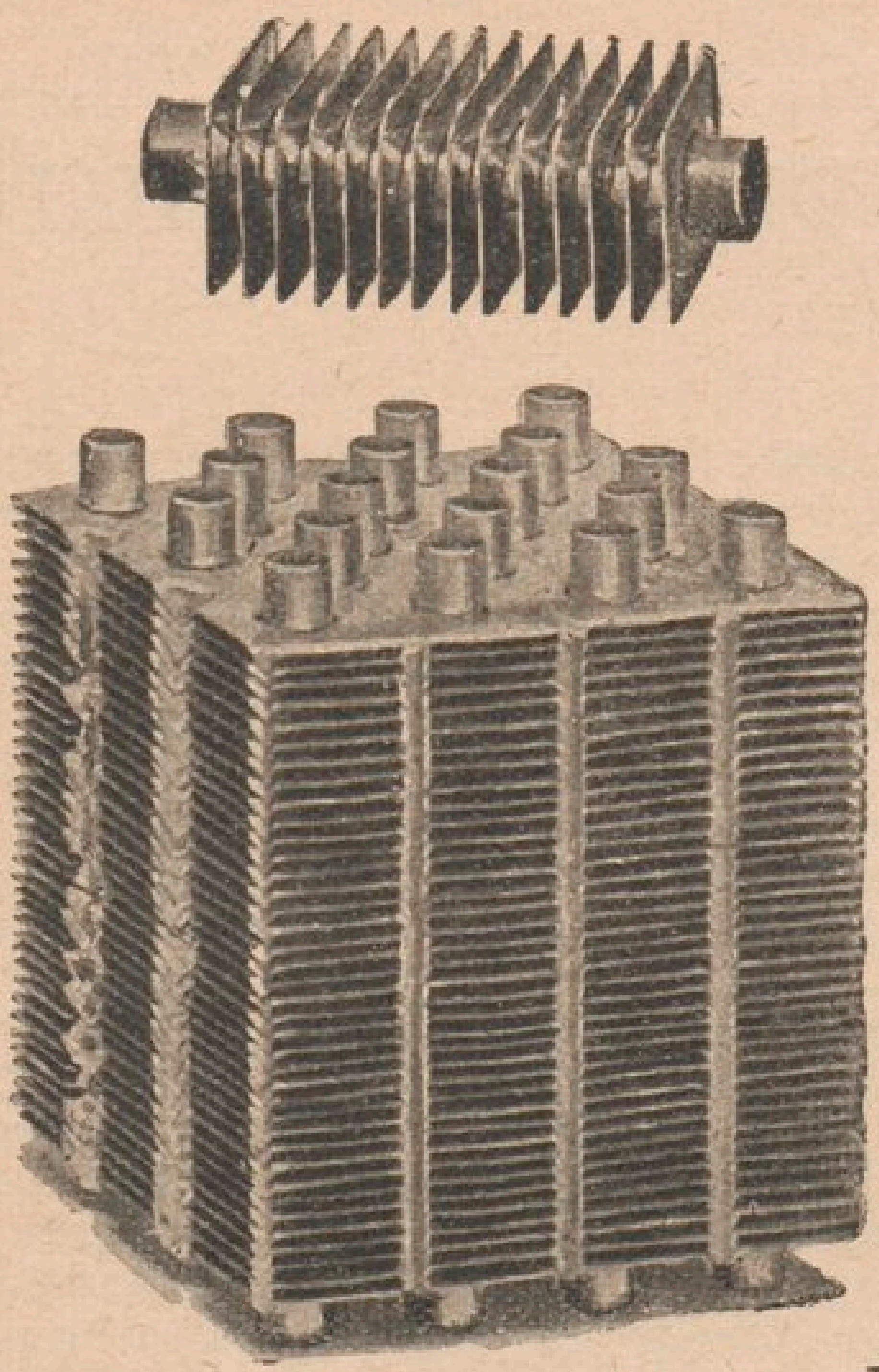
Par Paul MEYAN

Réchauffer ou refroidir, distribuer de la chaleur ou la chasser, tels sont les deux buts diamétralement opposés d'un radiateur ; et c'est en procédant de la même manière dans les deux cas, que les buts sont atteints. Dans un appartement où il s'agit d'élever, en hiver, la température, le radiateur répand autour de lui la chaleur que l'eau chaude ou la vapeur véhiculent dans ses tubes ; placé en avant d'un moteur d'automobile, il sert à répandre au dehors la chaleur excessive que dégage l'explosion des gaz à l'intérieur des cylindres, chaleur qu'emmagasine et emporte avec elle l'eau qui circule autour de ces cylindres et des chambres d'explosion. Le problème posé a, en somme, pour but, de ramener et de maintenir la température aussi près que possible de la normale. Il s'ensuit que la surface d'un radiateur devra être d'autant plus grande que le cube à réchauffer sera plus grand, que la chaleur à éliminer sera plus élevée. Dans un appartement, il est facile d'augmenter la quantité des éléments d'un radiateur jusqu'à ce que l'on ait atteint la moyenne demandée ; en automobile, la difficulté est beaucoup plus grande parce que, d'une part, l'eau à refroidir est beaucoup plus chaude et que, d'autre part, il importe que l'appareil soit d'un poids et d'un encombrement aussi réduits que possible.

L'eau de circulation dans un moteur d'automobile, pour agir dans les meilleures conditions, ne doit pas atteindre le degré d'ébullition, mais se tenir dans les environs de 80 degrés. Si cette eau restait en permanence et sans mouvement autour des cylindres, elle aurait bientôt dépassé les 100 degrés et davantage, tellement est élevée la température développée par les explosions. Le problème consiste donc à réduire autant que possible la durée du contact de l'eau avec les cylindres. N'employer que de l'eau courante

TYPE DE RADIATEUR TEL QU'ON LE FAISAIT IL Y A UNE VINGTAINE D'ANNÉES

Un serpentin garni d'ailettes rapportées sur le tube était placé à l'avant de la voiture, de façon à refroidir activement l'eau de circulation du moteur.

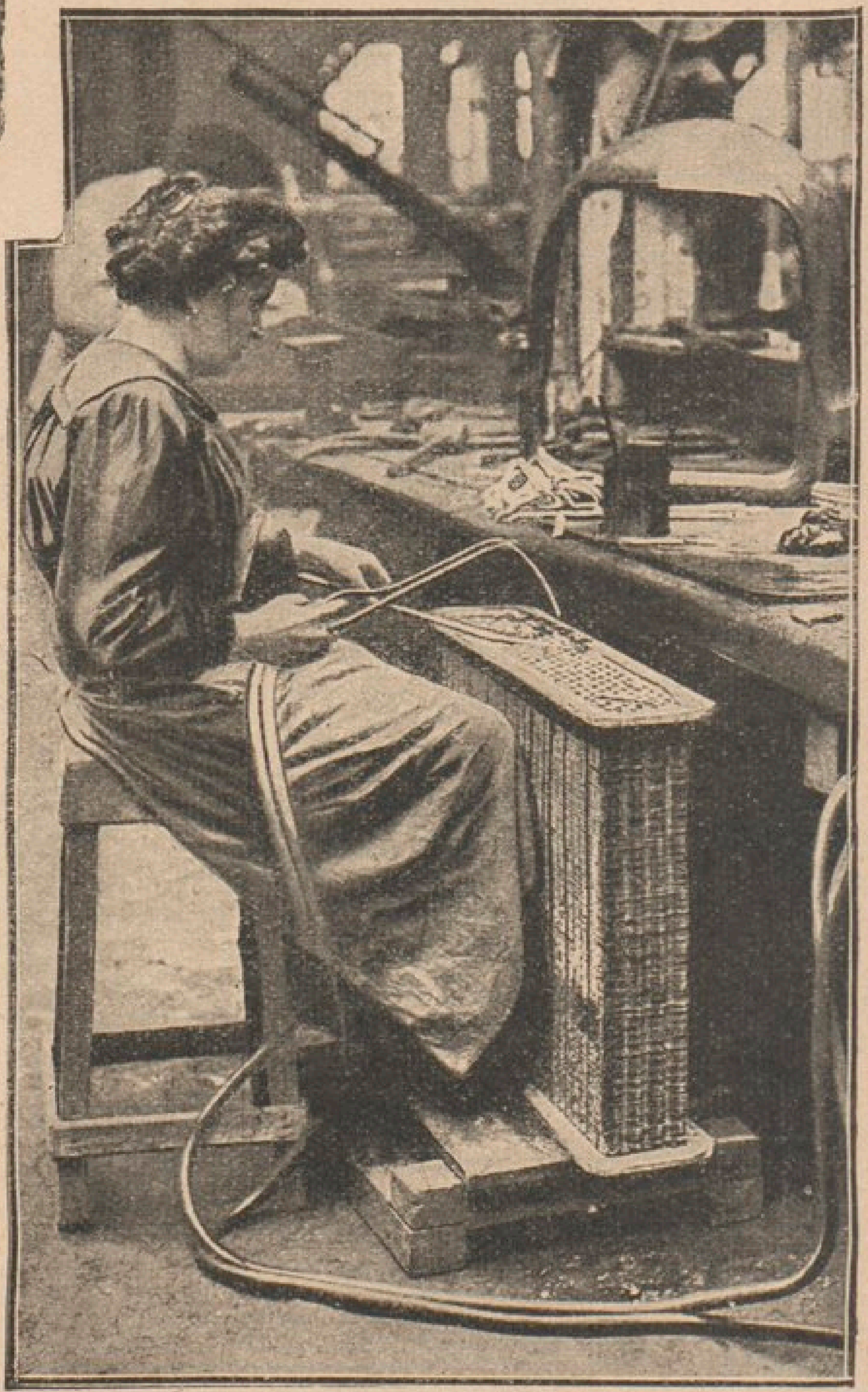


TUBES GARNIS D'AILETTES MÉTALLIQUES

En haut, le tube simple sur lequel les ailettes ont été emmanchées à force. En bas, disposition nouvelle : les ailettes ne sont plus séparées, mais ont la dimension du radiateur lui-même et c'est à travers ces plaques superposées que passent les tubes de circulation.

serait la meilleure solution ; mais ce procédé n'est possible que dans les moteurs de bateaux, naviguant en eau douce, qui peuvent s'alimenter directement à la rivière ou au canal et rejeter l'eau aussitôt. Nous avons spécifié : eau douce, car l'eau de mer aurait tôt fait de laisser des dépôts obstruant la canalisation. Par contre, la voiture automobile est obligée d'emporter son eau de refroidissement et de la refroidir le plus et le mieux qui lui sera possible, afin d'éviter de trop fréquents renouvellements.

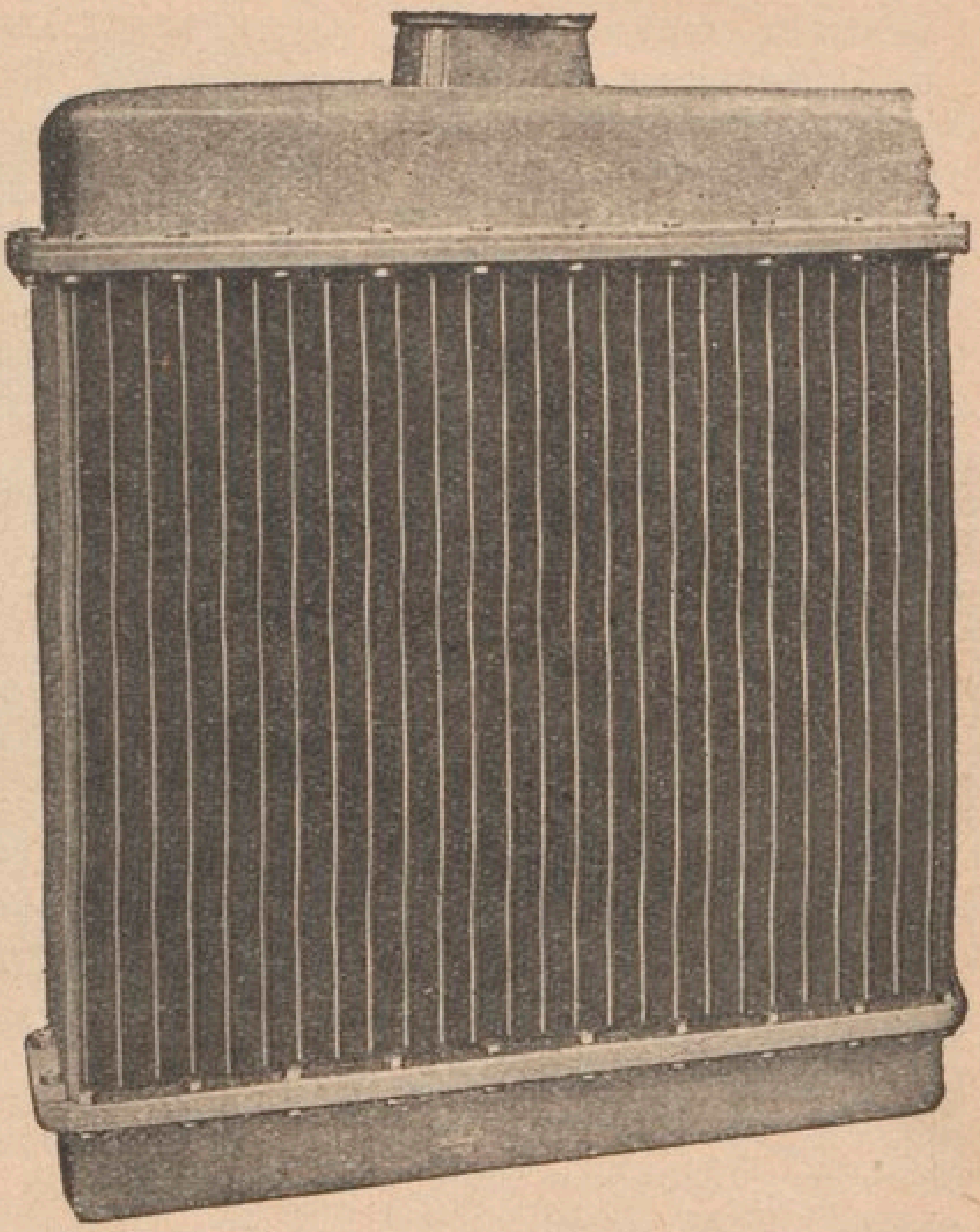
Au début de l'automobilisme, on se contentait d'un simple réservoir d'eau, placé en charge au-dessus des cylindres ; la circulation se faisait par thermosiphon, l'eau chaude remontant au réservoir d'où elle descendait pour revenir à nouveau autour des cylindres par la partie inférieure. La consommation de cette eau, du fait de l'évaporation, était rapide, si bien qu'il en fallait renouveler la provision tous les quarante kilomètres environ ; mais, à cette époque, cette distance représentait déjà plus de deux heures de marche et l'on ne se montrait pas exigeant. On pensa cependant qu'en augmentant la surface des réservoirs et des tubes dans lesquels devait circuler l'eau chaude, on obtiendrait un plus grand et plus rapide refroidissement et que l'on rendrait ainsi moins fréquents les besoins de reprendre de l'eau. C'est ainsi que l'on adopta, pour la première fois, à bord de certaines des voitures qui prirent part à la grande course Paris-Marseille et retour, en 1896, de longs serpentins disposés sous le châssis de la voiture. Placés ainsi dans le courant d'air produit par le déplacement de la voiture, ces serpentins fournirent d'appréciables résultats que l'on rendit plus sensibles encore en munissant les



LA CONSTRUCTION D'UN BLOC DE RADIATEUR

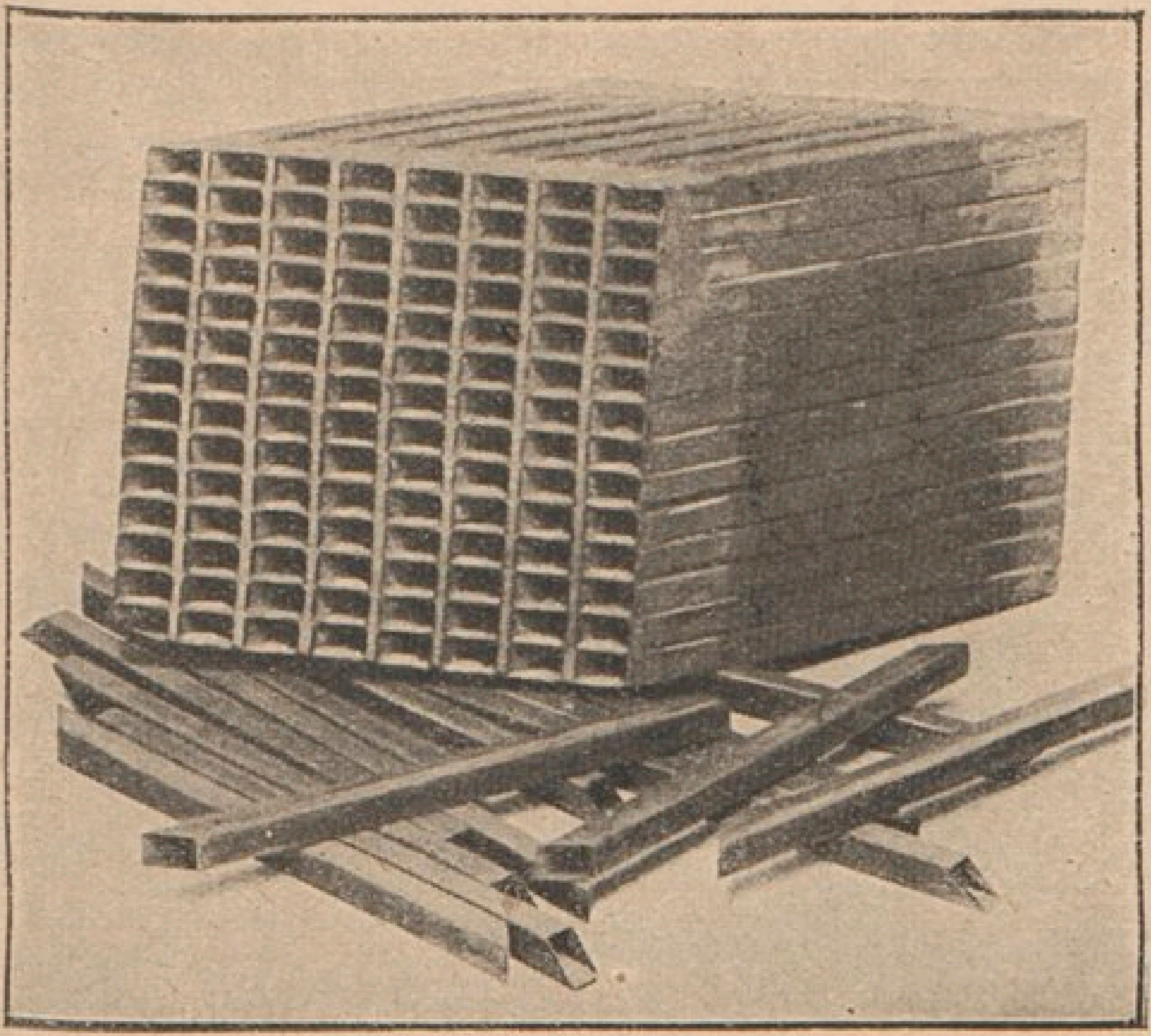
L'ouvrière soude les extrémités des tubes de circulation au fond du collecteur supérieur.

tubes d'ailettes métalliques rapportées et entrées à force sur toute leur longueur. Le métal étant bon conducteur de la chaleur, ces ailettes, en contact direct et intime avec le tube, augmentaient dans une très grande proportion la surface de radiation. Ce n'était, certes, pas encore la perfection ; ces radiateurs à tubes et à ailettes, placés sous la voiture, se chargeaient bientôt de la poussière et de la boue de la route, recevaient tous les excès d'huile de graissage que laissaient échapper le moteur et les divers organes de transmission ; ils nécessitaient également l'emploi d'une pompe, accessoire indispensable pour ramener l'eau et l'élever dans le moteur, placé au-dessus de la canalisation, et pour lutter aussi contre les poches de vapeur qui, pouvant se former dans les coudes des tubes, auraient arrêté la circulation sans l'entraînement forcé de la pompe. D'autre part, cette pompe rotative qui, généralement, était mue par une poulie garnie de caoutchouc qu'actionnait le volant du moteur, avait les défauts de tout accessoire mécanique et était sujette à dérangements ; dès lors, la circulation se trouvait interrompue, bientôt le moteur chauffait : c'était la panne. Cependant, malgré tous ces défauts, ces ennuis, ces inconvénients, le radiateur était un progrès sensible qui s'accentua encore lorsque l'on eut l'idée de placer cet appareil, désormais indispensable, en avant du moteur, au-dessus du châssis. Il était ainsi disposé à l'abri de la boue, de la poussière et de toutes projections d'huile et recevait le vent de première main. Ces serpentins, garnis d'ailettes, formaient un bloc compact, mais ajouré, auquel les constructeurs donnèrent des dimensions et des formes différentes qui devenaient, en quelque sorte, une marque de fabrique et permettaient de reconnaître à distance et de baptiser le modèle d'un simple coup d'œil. Malgré leurs incontestables avantages, ces radiateurs, qui représentaient un développement de quinze à vingt mètres de tube, pesaient très lourd et comportaient trente



TYPE DE RADIATEUR POUR CAMION LOURD

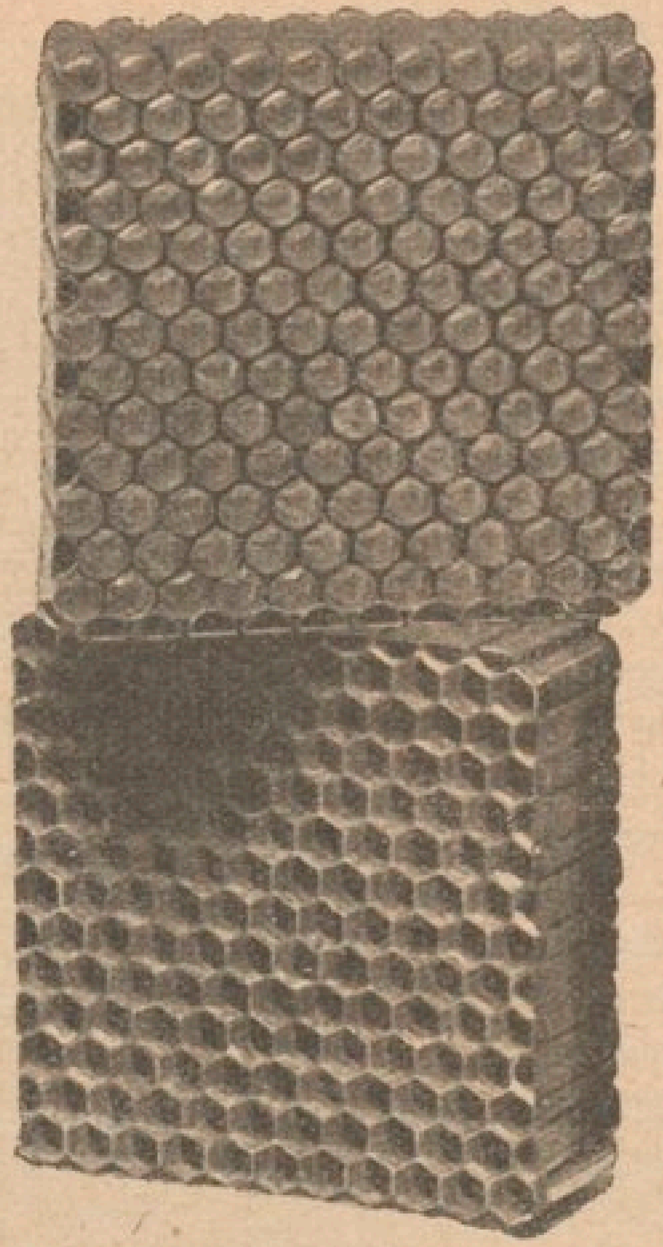
Les collecteurs d'eau sont boulonnés au-dessus et au-dessous du bloc de tubes du radiateur.



LE PREMIER TYPE DE RADIATEUR « NID D'ABEILLES »

Il se compose d'une série de tubes carrés soudés entre eux par leurs extrémités et séparés par une tige de cuivre dont l'épaisseur sert à ménager l'espace nécessaire au passage de l'eau.

à quarante coudes, soit autant d'obstacles à la vitesse de circulation de l'eau. La première de nos gravures montre un type de radiateur de course construit à cette époque, c'est-à-dire vers 1899, et permet de se rendre compte du dispositif employé. Pour remédier à cet inconvénient du poids et de la longueur du tube, on imagina alors de faire du radiateur lui-même un véritable réservoir que l'on constitua par deux collecteurs réunis entre eux par une grande quantité de tubes garnis d'ailettes. Le collecteur du haut était relié par un tube avec la partie supérieure des cylindres, le collecteur inférieur avec le bas du moteur. La circulation d'eau s'y faisait, et s'y fait toujours, d'ailleurs, car ce dispositif est encore utilisé aujourd'hui, pour les poids lourds notamment, par thermo-siphon, l'eau chaude passant dans le collecteur supérieur pour descendre dans les tubes et s'y refroidir sous l'influence de l'air frais extérieur, puis retournant autour des cylindres, suivant la loi des vases communicants.

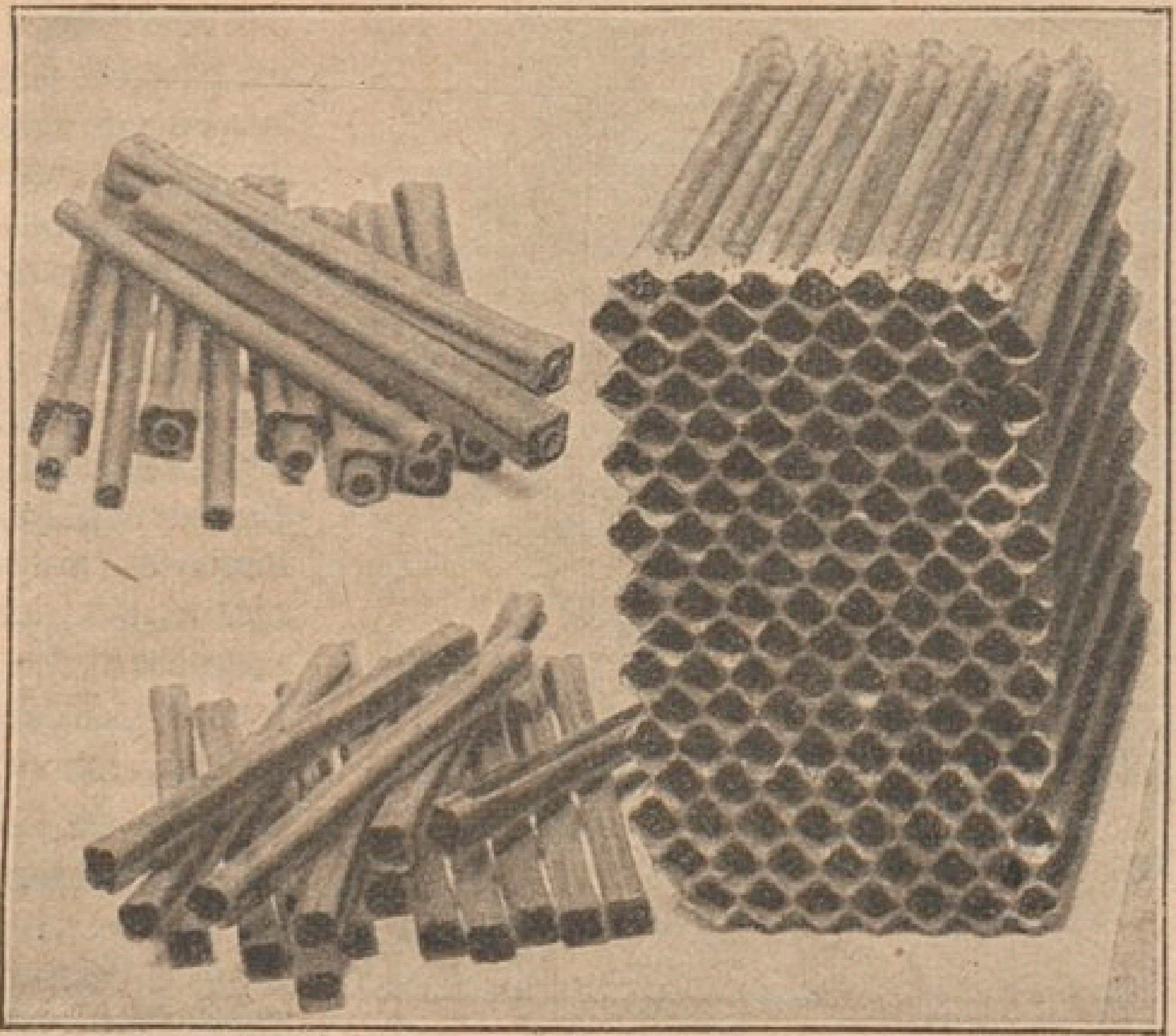


RADIATEUR A TUBES HEXAGONAUX

Ce sont des tubes à section ronde dont les extrémités seules ont la forme hexagonale.

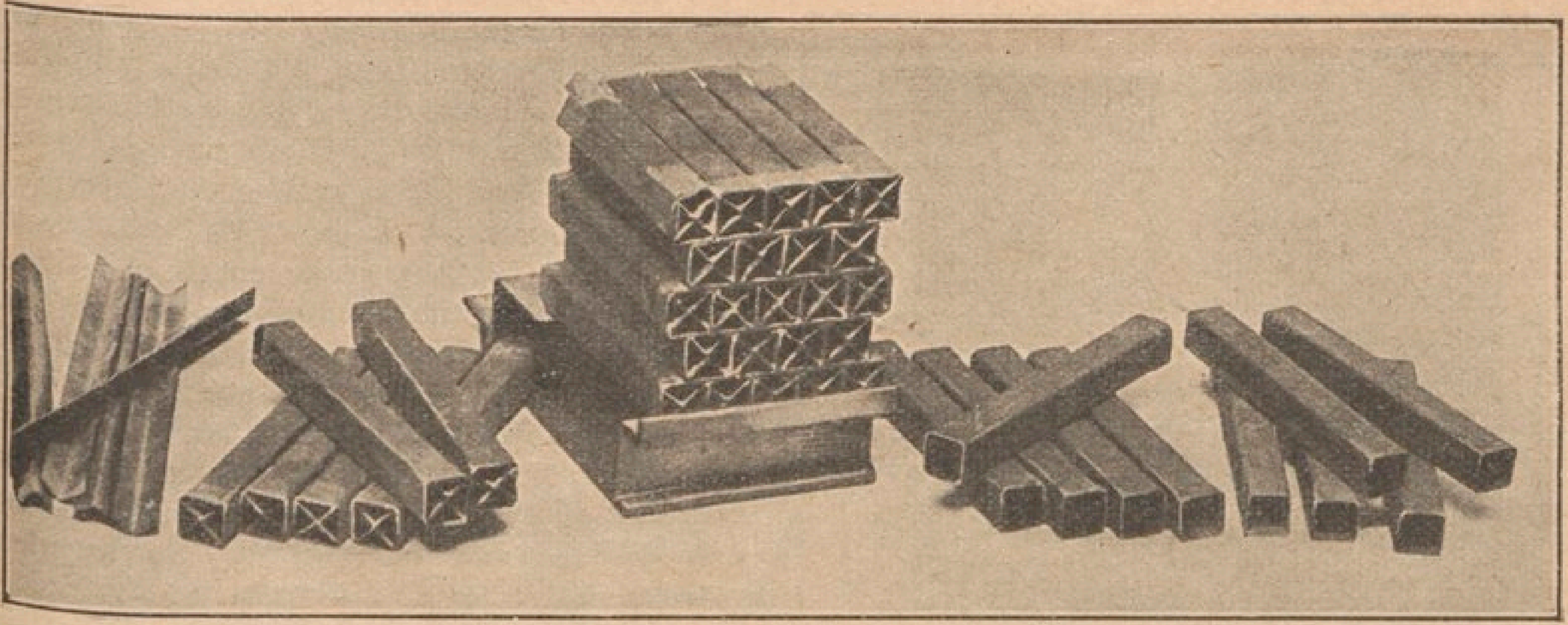
Pour simplifier la fabrication de ce genre de radiateur, on perce toute une série de plaques métalliques légères, de même dimension que les collecteurs, de trous rapprochés les uns des autres ; dans ces trous, on passe les tubes, comme l'indiquent nos figures page 140, et on soude leurs extrémités aux trous correspondants des collecteurs. Le nombre des tubes et leur longueur varient naturellement suivant les dimensions et la puissance du moteur.

Un perfectionnement important, et qui nous vient d'Allemagne, si nos souvenirs sont exacts, parut vers 1900 ; c'est le dispositif que l'on dénomma « nid d'abeilles » et que l'on vit pour la première fois à Nice, à l'occasion de la Semaine automobile qui s'y organisait chaque année dans le courant de l'hiver. Vu de face, ce nouveau radiateur avait, en effet, l'aspect de ces rayons de miel que l'on expose à l'étalage des confiseries. Il était composé d'une série de tubes carrés placés côte à côte et séparés l'un de l'autre par un simple fil de laiton, courant tout le long d'une rangée de ces tubes et soudé à eux à leurs extrémités ; il s'ensuivait qu'entre ces tubes régnait un espace vide, très mince, de la largeur du fil de laiton, mais suffisant pour y laisser passer une légère nappe d'eau, l'air frais circulant à travers les tubes. La surface de refroidissement se trouvait ainsi multipliée puisqu'elle comportait les quatre faces intérieures du tube et que, d'autre part, l'épaisseur de la couche d'eau à refroidir était réduite autant que possible. Ce dispositif, sauf modifications de détail et de construction, n'a pas été changé depuis ; c'est



BLOC DE RADIATEURS EN TUBES LOBÉS

Dans ces tubes, toujours soudés entre eux par leurs extrémités, on introduit des tubes ronds, pour augmenter encore la surface de refroidissement.



« NID D'ABEILLES » AVEC ADDITION DE FEUILLES DE CUIVRE A L'INTÉRIEUR DES TUBES

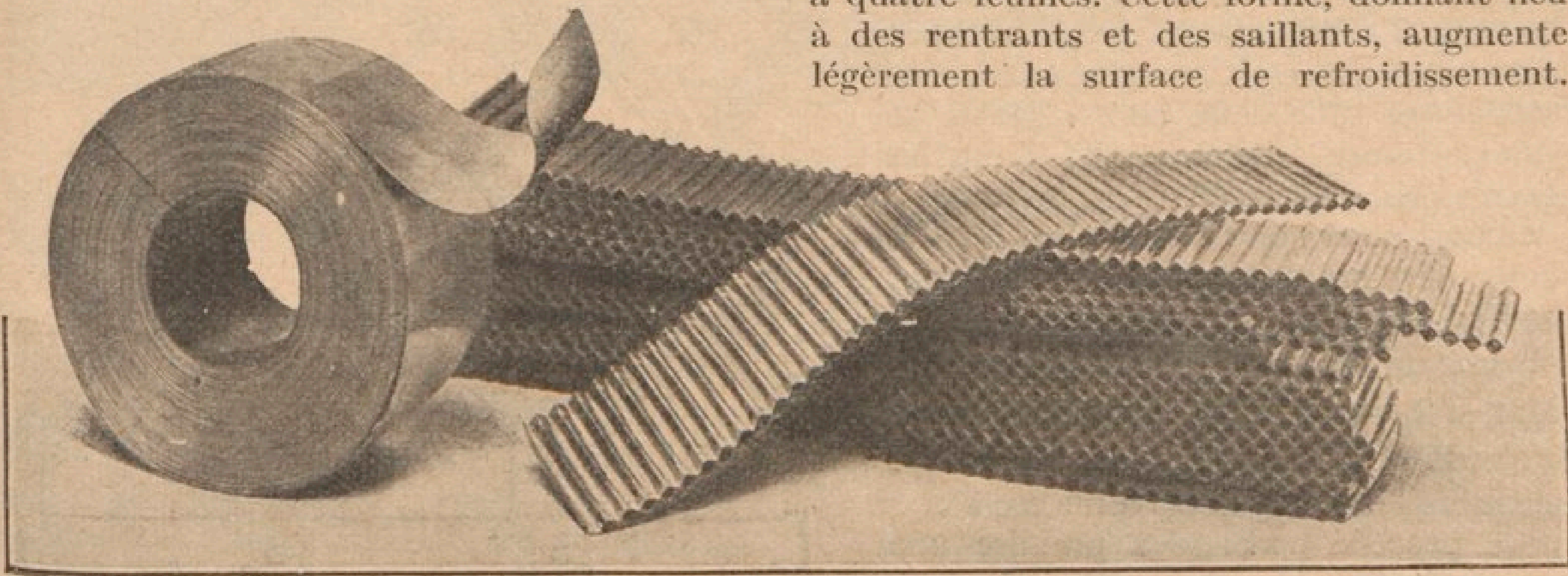
celui qui, sous le plus petit volume, donne les résultats les plus satisfaisants.

La théorie du radiateur peut, d'ailleurs, se traduire en peu de mots : diviser l'air et l'eau le plus possible. Si l'on pouvait réduire la nappe d'eau à l'épaisseur d'une feuille de papier et rendre aussi fines les cloisons de cuivre entre lesquelles on la fait circuler, il est certain que le refroidissement en serait considérablement facilité, mais il est des limites que l'écoulement du liquide et la solidité de l'appareil ne permettent malheureusement pas de dépasser.

Pour activer le refroidissement et pour le faciliter en cas d'arrêt de la voiture, le moteur tournant toujours, on a disposé à l'arrière du radiateur, actionné par le moteur, un ventilateur à trois ou quatre branches, qui aspire l'air et entretient ainsi un courant constant à travers les « nids d'abeilles ». Comme dans le modèle à ailettes que nous avons décrit plus haut, ce bloc de tubes est fixé et soudé à deux collecteurs dont l'un, celui de dessus, sert de réservoir et comporte l'embouchure par laquelle on le remplit. La mode étant venue, depuis quelques années, de donner aux radiateurs la forme en coupe-vent, qui offre certains avantages, le constructeur taille en biseau l'extrémité des tubes et les soude légèrement en retrait l'un de l'autre, de telle façon que les biseaux se continuent dens un même plan oblique.

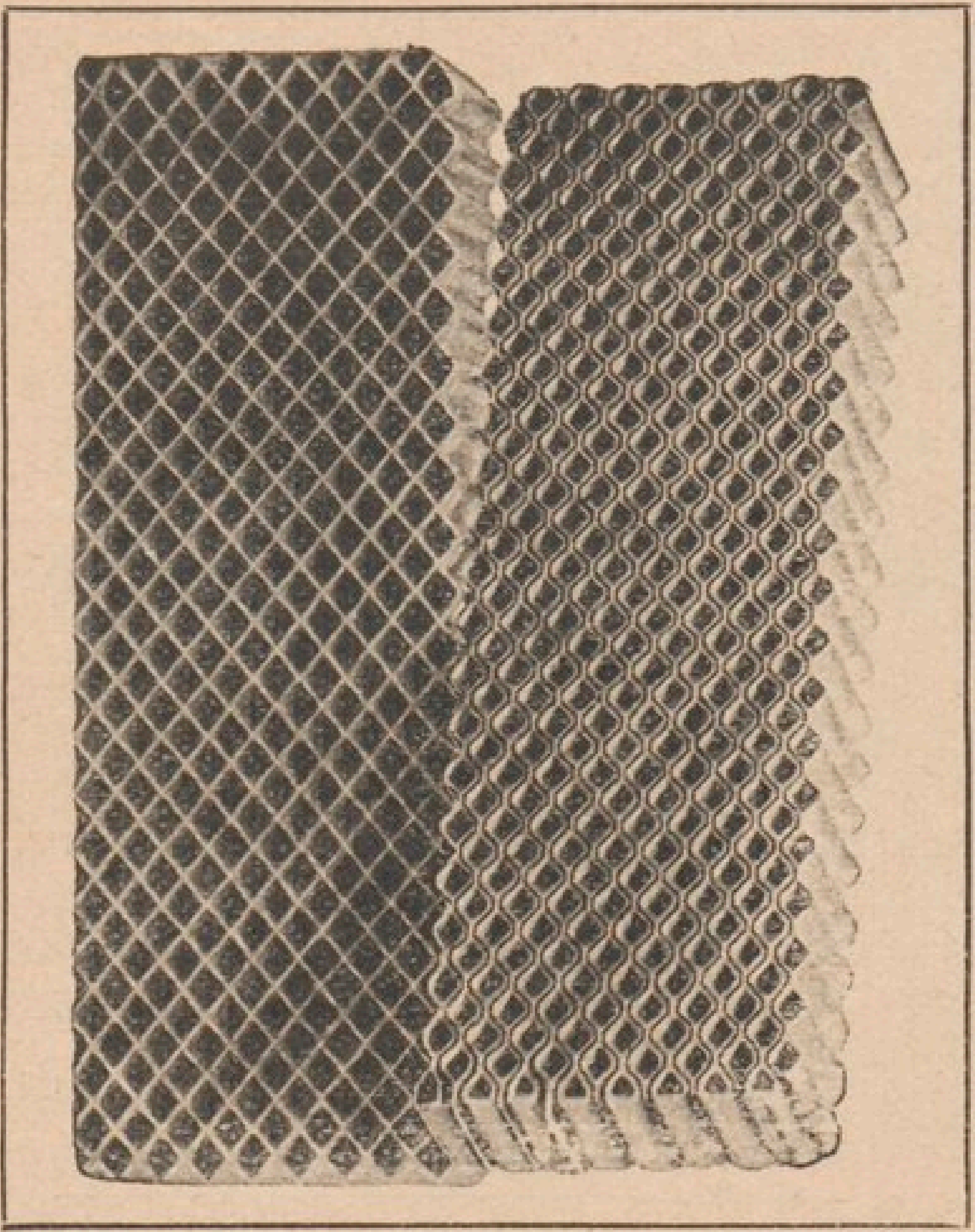
Différentes modifications de détail, dans la forme des tubes, notamment, ont été adoptées par la suite. On s'est servi de tubes ronds dont on modifiait les extrémités par un emboutissage spécial ; on leur donnait ainsi une forme hexagonale qui permettait de les souder les uns aux autres sans l'interposition d'aucun fil de laiton : l'espace libre réservé à la circulation de l'eau étant celui compris entre l'arrondi des tubes.

Un autre système est celui des tubes « lobés », ayant en coupe le dessin du trèfle à quatre feuilles. Cette forme, donnant lieu à des rentrants et des saillants, augmente légèrement la surface de refroidissement.



MODE DE FABRICATION D'UN RADIATEUR SYSTÈME MOREUX

Par le procédé de l'emboutissage, on obtient d'une feuille de cuivre très mince une série de double bandes ondulées qui, rapprochées les unes des autres et soudées entre elles deux par deux, à leurs extrémités, constituent des blocs que l'on réunit ensuite pour former un radiateur.



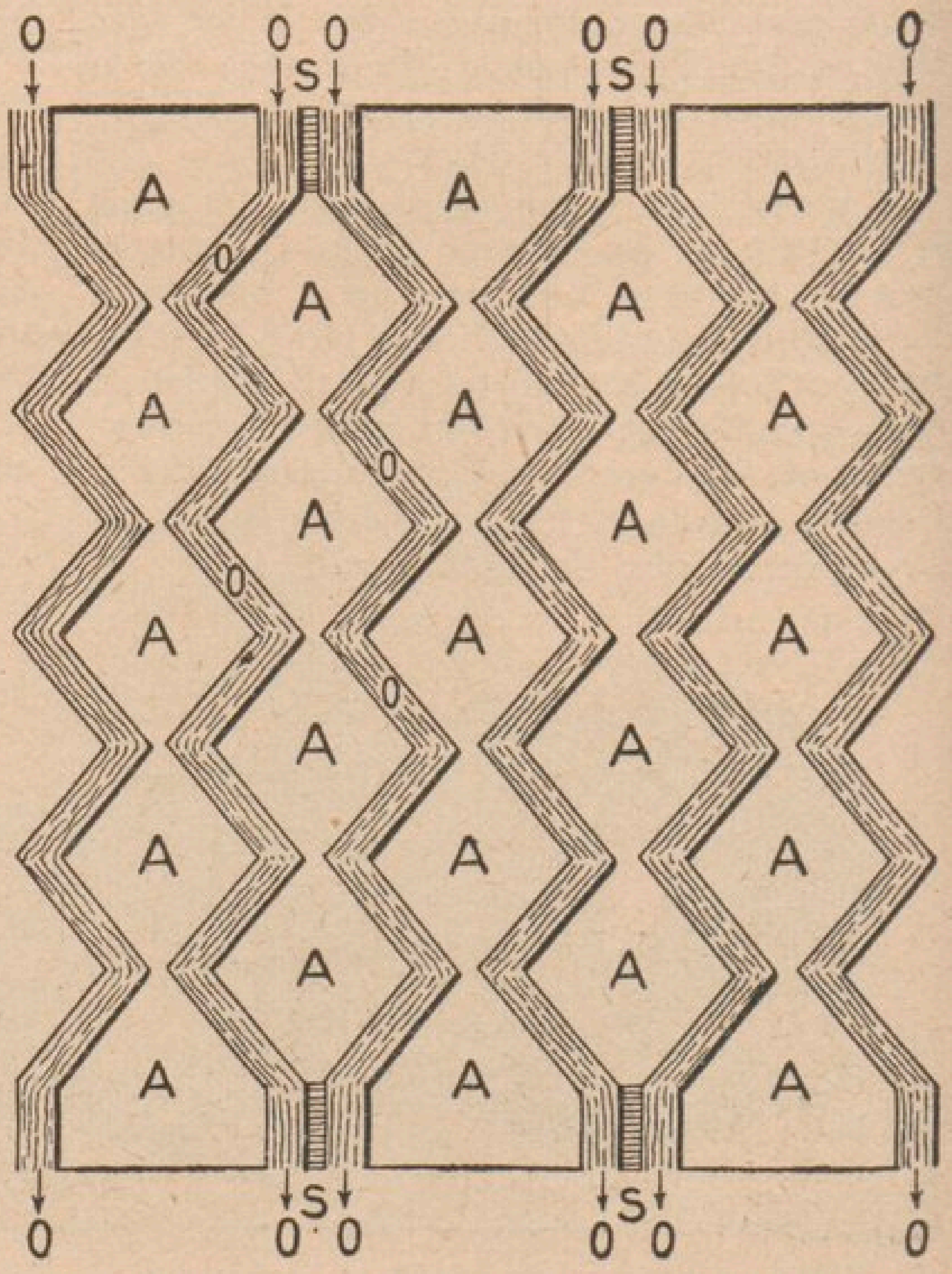
FRAGMENT DE RADIATEUR A BANDES

Pour développer davantage cette surface, on glisse à l'intérieur du tube lobé un autre tube rond qui, par contact, se charge d'une certaine quantité de chaleur et augmente le refroidissement.

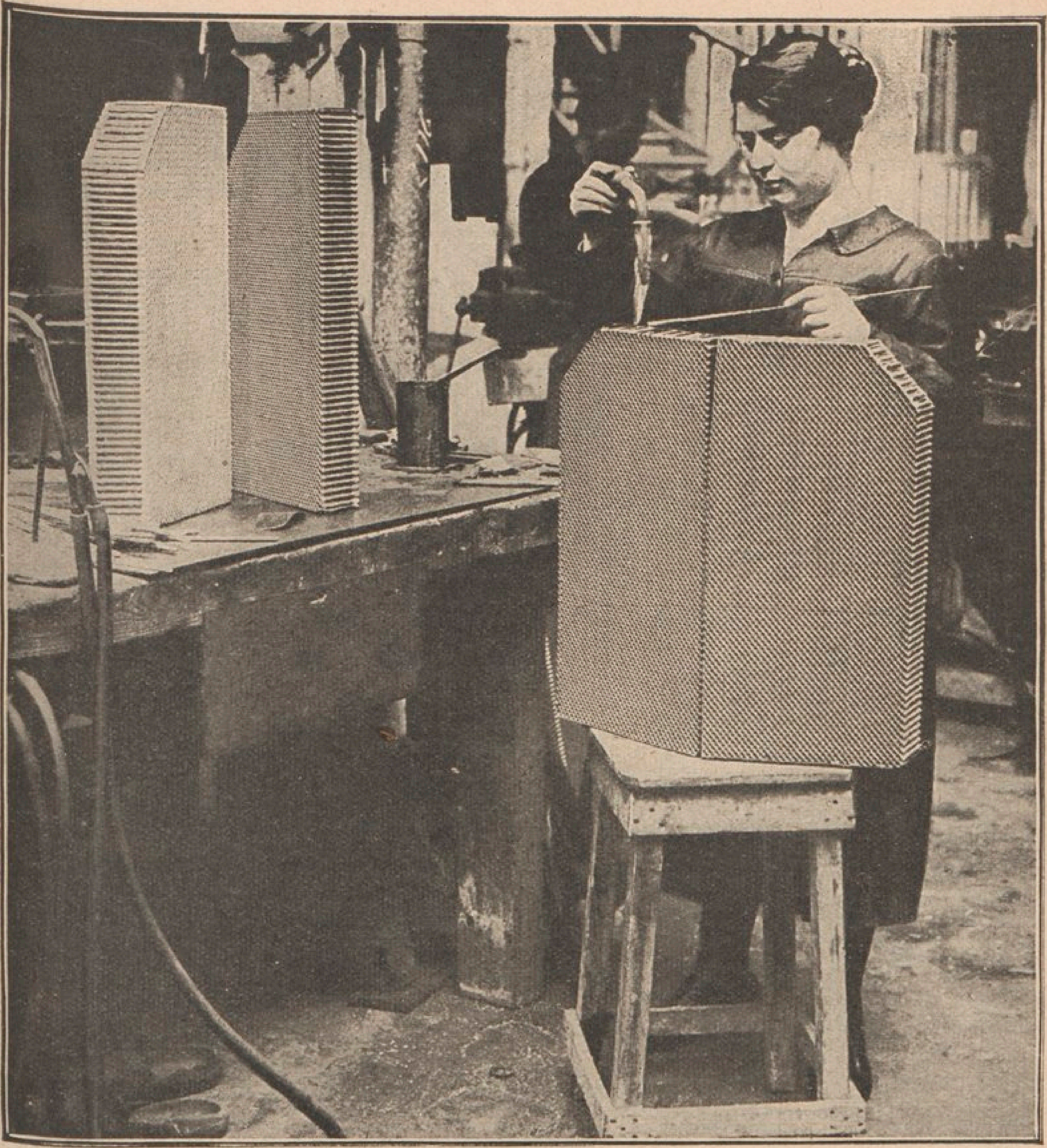
Par ailleurs, on s'est servi de tubes carrés, semblables à ceux dont nous avons déjà parlé en décrivant le radiateur à nids d'abeilles ; on a forcé légèrement leurs extrémités, par le procédé de l'emboutissage, de façon à pouvoir les souder l'un à l'autre sans intercaler de fil de laiton et à conserver entre eux un vide suffisant pour le passage de l'eau. La surface de refroidissement a été augmentée en introduisant à l'intérieur du tube deux petites lames de cuivre mince, pliées en V, dont les extrémités s'appuient dans les angles, donnant ainsi l'apparence d'un X. Ces deux derniers systèmes ne se sont pas généralisés ; ils ont bientôt cédé la place à un dispositif plus ingénieux encore, imaginé par M. Moreux, et dont le mode de fabrication est infiniment plus simple et beaucoup plus rapide.

Ce procédé consiste à prendre une mince feuille de cuivre d'une largeur égale à l'épaisseur que doit avoir le radiateur, à la passer à la presse à emboutissage et à lui donner la forme ondulée qu'on peut lui voir à la page 143.

Les bords de ces bandes sont, comme pour les tubes cités plus haut, légèrement évasés pour faciliter la soudure entre les bandes et ménager entre elles la place nécessaire au passage de l'eau. Ces bandes sont soudées deux par deux, les ondulations s'emboitant l'une dans l'autre ; c'est entre ces deux bandes que circulera l'eau en une nappe mince et, par conséquent, facile à refroidir. Une autre paire de bandes, semblablement disposées, vient s'appliquer sur la précédente, mais en appuyant contre elles les saillants de ses ondulations ; il résulte de ce dispositif que l'air aura pour circuler tous les espaces carrés restés libres entre les ondulations des bandes de cuivre, tandis que l'eau bénéficie d'une section d'écoulement constante, évitant ainsi les remous qui se produisent dans les radiateurs nids d'abeilles à tubes ronds. La fabrication de cette sorte de radiateur à bandes, qui semble donner un rendement supérieur à tous les autres systèmes, n'a pu jusqu'à ce jour être mise au point en France que par un très petit nombre de constructeurs ; par contre, les Anglais et les Américains, qui sont toujours à l'affût des procédés



Dans le radiateur à bandes, soudées en S, *l'eau passe par les espaces libres* O *et se rend du collecteur supérieur au collecteur inférieur, léchant toute la surface des vides* A *par lesquels circule l'air qui la refroidit.*



FABRICATION D'UN BLOC DE RADIATEUR A BANDES

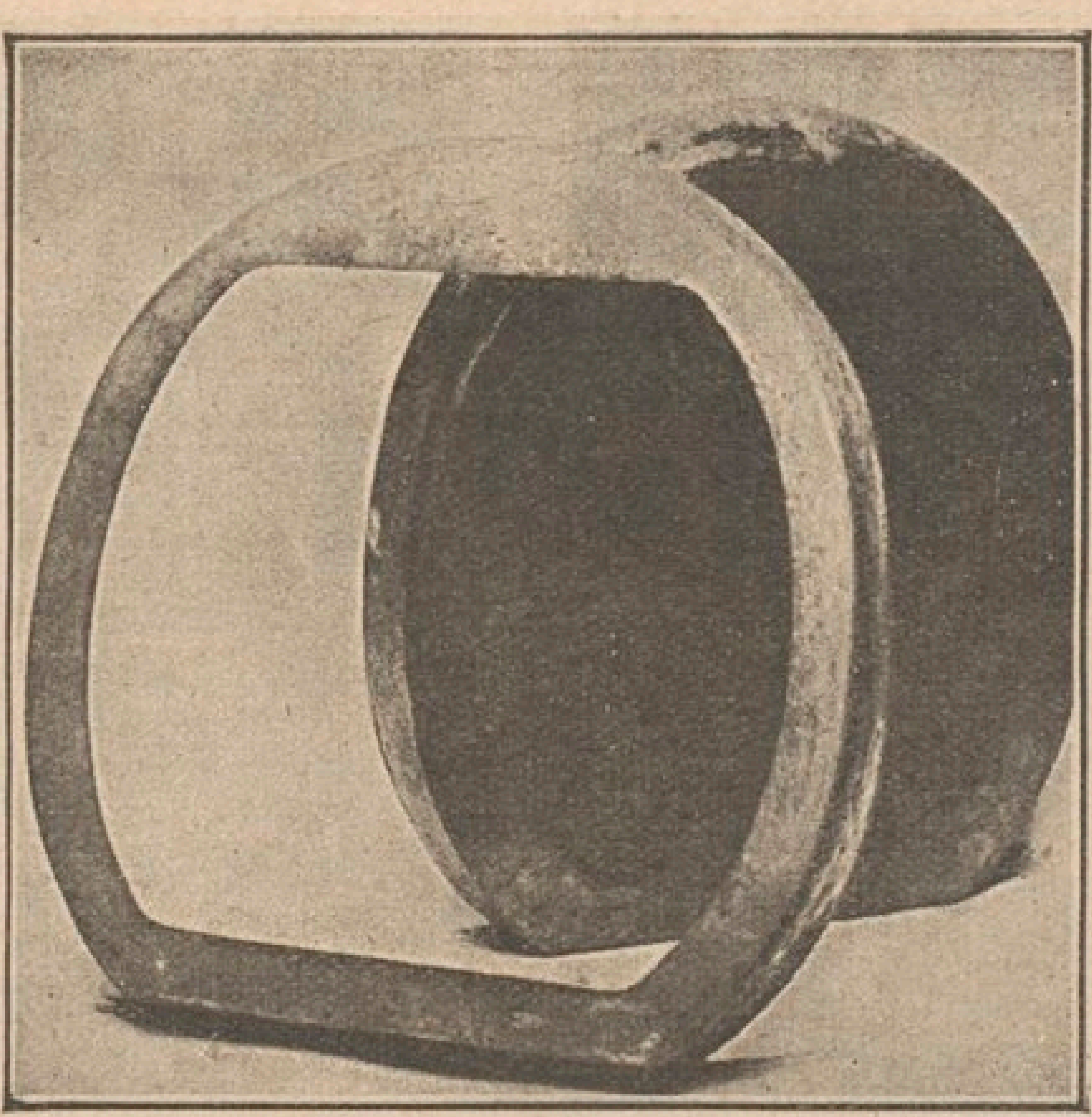
L'ouvrière termine la soudure des deux parties du radiateur qui, disposées en biseau, donneront la forme caractéristique de coupe-vent.

les plus pratiques de fabrication, en ont généralisé l'emploi dans de grandes proportions.

Le simple tube de cuivre, de très petite section, c'est-à-dire donnant passage à une mince colonne d'eau, est aussi usité pour les radiateurs ; on en multiplie le nombre autant que possible et on les dispose en quinconce, de façon à donner un libre passage à l'air, tout en lui présentant toujours une surface à refroidir. Ce type de radiateur est surtout employé par les constructeurs, qui le placent en arrière du moteur, devant le tablier de la voiture. Il a reçu aussi une très grande application en aviation, laquelle, si elle est ennemie d'un excès de poids, dispose tout au moins de beaucoup de place pour suspendre entre ses ailes tubes et réservoirs.

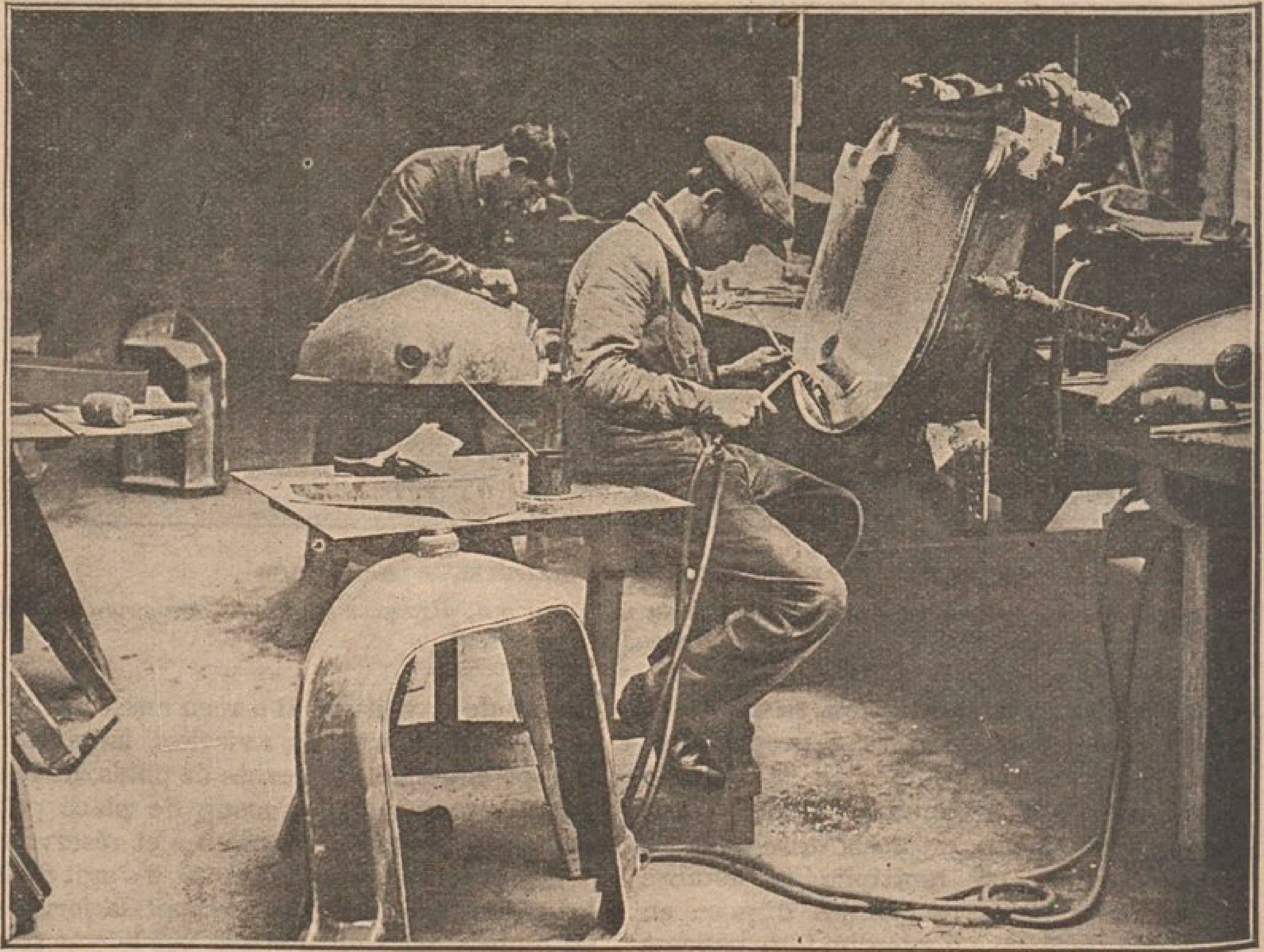
Les blocs une fois construits, il s'agit de les loger dans le cadre de cuivre dont la forme et les dimensions sont fournies par le constructeur de la voiture. Chaque marque a son modèle de radiateur, qu'elle s'efforce de rendre aussi caractéristique que possible, de façon à bien affirmer la personnalité de la voiture. Le

type bien étudié, bien défini, arrêté *ne varietur*, on fait une matrice, et, d'un seul coup, on obtient la forme du radiateur ; on en découpe l'intérieur pour y loger le bloc de tubes, d'ailettes ou de bandes, et le cuivre qui reste est utilisé pour terminer les collecteurs, faire les raccords des pipes d'alimentation, boucher les vides et consolider l'appareil dans les parties qui doivent supporter le plus d'efforts. En effet, quand le bloc et la calandre sont finis, il y a encore plus d'une journée de travail sur un radiateur ; la soudure et le chalumeau jouent un rôle important ; l'un et l'autre pénètrent dans tous les coins et recoins de l'objet qui, monté sur un appareillage spécial, est retourné par l'ouvrier sous toutes ses faces, aucune partie ne devant échapper au plus scrupuleux examen. Et quelles que soient les précautions prises, l'attention de l'ouvrier,



CARAPACE EXTÉRIEURE D'UN RADIATEUR

Elle est obtenue d'un seul coup à la presse à emboutir; dans la partie découpée se loge le bloc du radiateur.



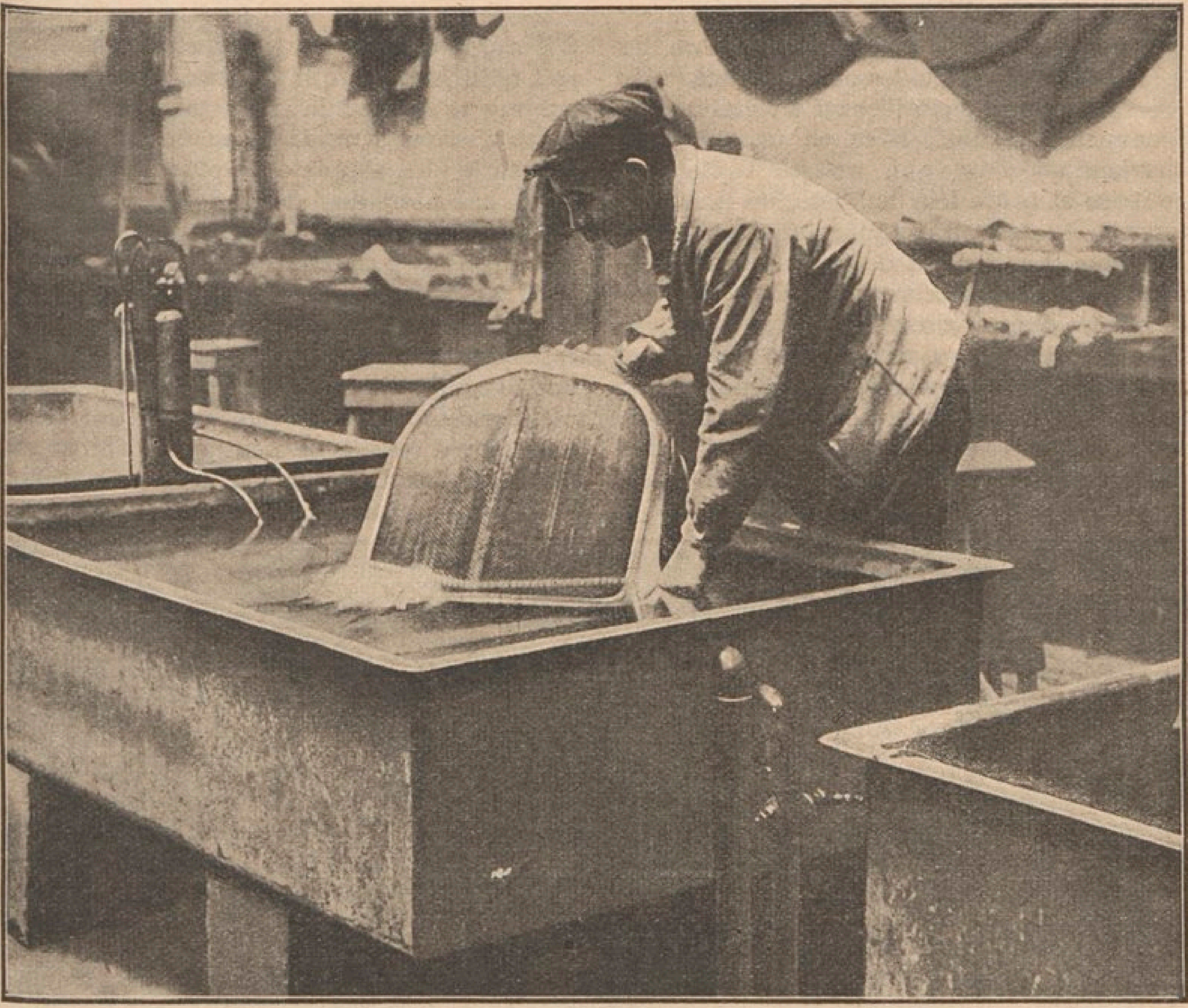
LES OUVRIERS METTENT LA DERNIÈRE MAIN A UN RADIATEUR D'AUTOMOBILE

Une fois le bloc de tubes ou de bandes fixé dans le cadre du radiateur, on en soude soigneusement toutes les parties dans lesquelles l'eau doit circuler.

l'habitude de ce genre de travail, il arrive encore trop fréquemment qu'un point imperceptible a échappé à l'examen, qu'un trou invisible n'a pas été touché par la soudure. Pour s'en assurer, en dernière opération, on ferme hermétiquement le tube de purge, et, par le bouchon de remplissage, on envoie de l'air comprimé dans le radiateur que l'on a plongé dans un grand baquet plein d'eau. S'il existe la moindre fuite, l'air s'échappe, et l'endroit où l'eau bouillonne en détermine l'emplacement. Un point de soudure et le mal est réparé. On procédera de la même façon pour déterminer la blessure à la suite d'un choc.

Tels sont *grosso modo* les différents types de radiateurs passés et présents. Le travail, compliqué, minutieux que leur fabrication comporte, le prix élevé des matières premières, cuivre, laiton ou étain, font que cet accessoire de l'automobile n'est pas un des moins chers ; mais, plus on va, plus on élève le rendement des moteurs, plus on augmente la compression, et plus important devient le problème du refroidissement.

A dimensions égales, il se pourra que tel moteur soit suffisamment refroidi par un radiateur dont tel autre ne saurait s'accommoder. Toutefois, et pour en donner un exemple, résultat de maintes expériences successives, il est admis qu'il faut, pour refroidir un moteur de 12 chevaux déclarés, mais qui en fait réellement 18, de 500 à 700 centimètres cubes de bloc par cheval. Nous ne saurions donner ceci comme une règle immuable, mais c'est approximativement la base sur laquelle sont établis les calculs de nos fabricants spécialistes de radiateurs, et les résultats leur donnent raison. PAUL MEYAN.



L'ESSAI DU RADIATEUR CONSTITUE L'OPÉRATION FINALE

On plonge l'appareil dans une cuve pleine d'eau et, à l'intérieur, on envoie un jet puissant d'air comprimé. S'il existe une fuite, si minime soit-elle, l'air passera, et, en faisant bouillonner l'eau, comme c'est le cas ci-dessus, décèlera le défaut de fabrication.

UNE MACHINE PERFECTIONNÉE POUR LE DÉCOUPAGE RAPIDE DES TOLES

Par Justin RIVOIRE

On découpait, on découpe encore les métaux en feuilles ou en tubes à l'aide de grandes cisailles ou du chalumeau-découpeur. Il faut, avec ce procédé, des ouvriers spéciaux qui, malgré toute leur maîtrise et toute leur habileté, ne sauraient fournir un travail toujours égal, régulier, uniforme. Les feuilles de tôle de grand format sont d'un maniement difficile qui nécessite l'aide d'un manœuvre ou d'un apprenti; il suffira d'un faux mouvement de celui-ci pour faire dévier la plaque de la ligne suivant laquelle elle doit se présenter à la cisaille, pour que, bien malgré lui, l'ouvrier ne suive pas exactement le gabarit qui lui a été tracé. S'il s'agit du découpage au chalumeau, on sait qu'il faut presque toujours le compléter par une retouche à la meule ou à la lime. Et nous n'avons considéré encore ici que le travail le plus simple et le plus facile, mais, pour exécuter des découpages intérieurs, la difficulté augmente, car la cisaille ne peut être utilisée, pas plus que la meule émeri, qu'il faudrait cependant employer pour rectifier le travail du chalumeau. On s'explique que, dans cette industrie spéciale, la bonne main-d'œuvre est chère, non seulement parce qu'elle est peu nombreuse, mais aussi parce qu'elle ne peut que débiter relativement peu. Or, la tôle est une matière

VUE GÉNÉRALE DE LA MACHINE MOREUX POUR LE DÉCOUPAGE DES TÔLES

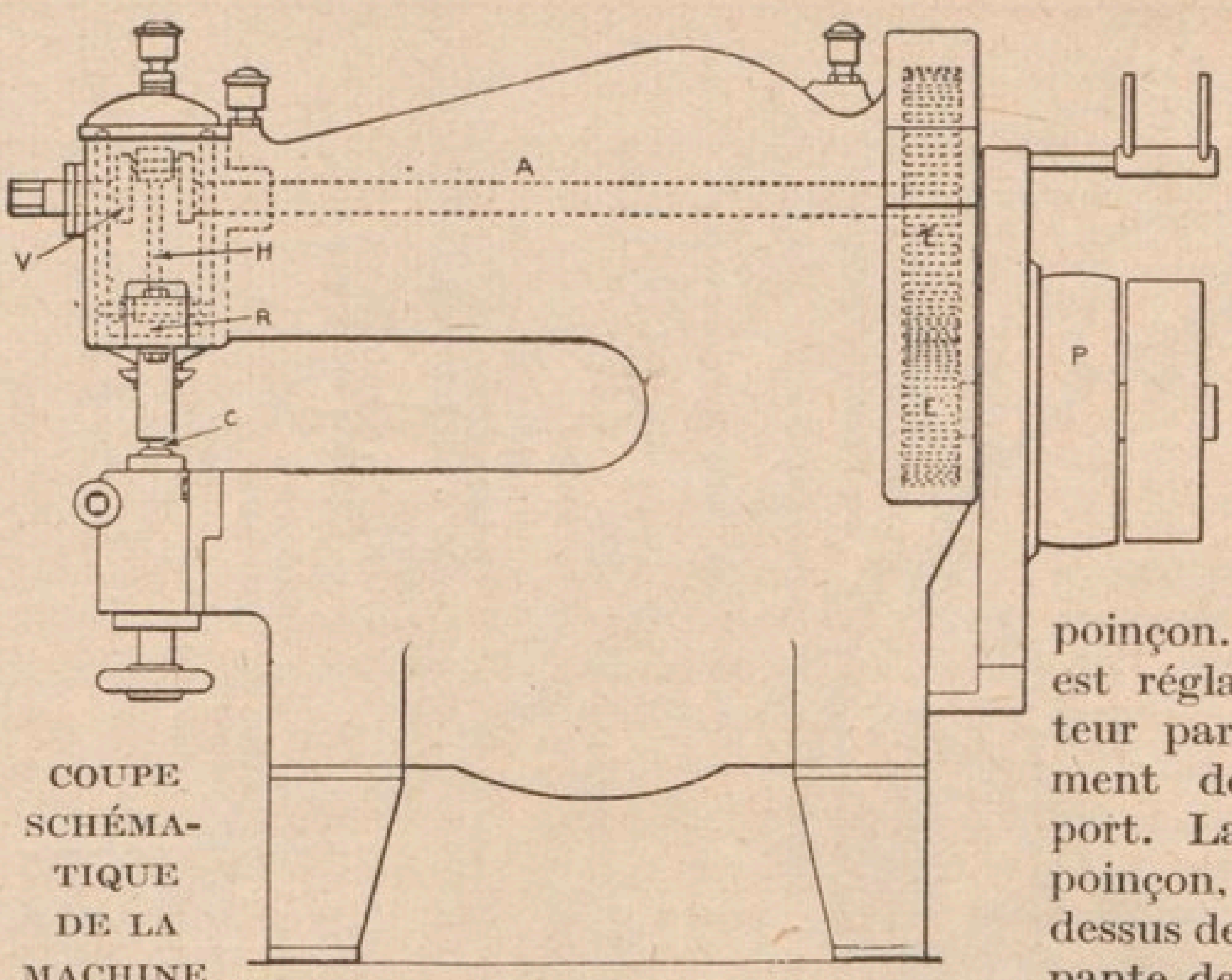
Appuyé sur le côté gauche de la machine, on peut voir un type de gabarit servant à diriger le poinçon découpeur, lequel poinçon est solidaire d'un piston animé d'un mouvement vertical.

première dont l'emploi se généralise de plus en plus dans la grande industrie.

La machine à découper que nous décrivons aujourd'hui a été imaginée par M. Moreux, en vue d'obtenir un beaucoup plus grand débit, et aussi pour suppléer autant que possible à l'ouvrier spécialiste, en le remplaçant par de la main-d'œuvre féminine, sans apprentissage préalable. Le résultat a été remarquable, puisque l'on a atteint une vitesse de découpage d'un mètre à la minute ; c'est un gain de 90 %

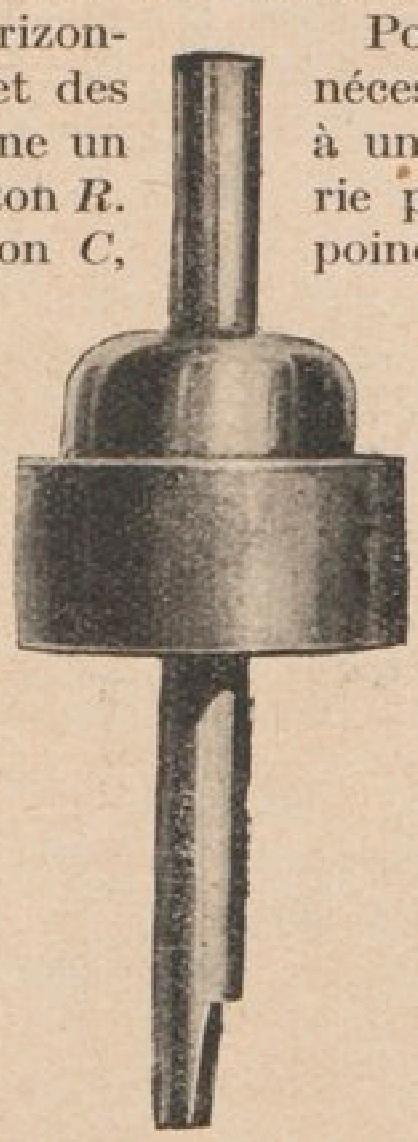
Cette machine à découper n'est, en quelque sorte, qu'une poinçonneuse-mortaiseuse dans le bâti de laquelle un arbre horizontal *A*, commandé par une poulie *P* et des engrenages démultipliés *EE'*, actionne un vilebrequin *V*, une bielle *H* et un piston *R*. Sur le piston est monté un poinçon *C*, d'une forme spéciale, engagé dans une matrice qui le guide. Toutes ces commandes se trouvent cachées dans le bâti de la machine, à l'intérieur duquel se meut le piston dont le mouvement de va-et-vient fait monter et descendre le poinçon sur la feuille de tôle à découper.

Pour découper une série de pièces identiques, il est confectionné un calibre reproducteur représentant exactement le contour des pièces que l'on désire obtenir. Ce reproducteur est muni de deux ou plusieurs goujons de repère qui s'engagent dans des trous percés à l'avance à l'aide d'un gabarit, dans les feuilles à découper. La tôle à découper est ainsi rendue solidaire de son calibre et est approchée du poinçon. Le poinçon pratique une entaille d'une forme quelconque jusqu'à ce qu'il vienne en contact avec le contour du calibre ; à ce moment, l'ouvrier n'a qu'à maintenir constant le contact entre le poinçon et le calibre tout en donnant une avance à la tôle,



COUPE SCHÉMATIQUE DE LA MACHINE A DÉCOUPER CONSTRUITE PAR M. MOREUX

P, *poulie de transmission ;* A, *arbre ;* E, E, *engrenages démultipliés ;* V, *vilebrequin ;* H, *bielle ;* R, *piston qui reçoit le poinçon* C.



POINÇON DÉCOUPEUR

C'est la pointe inférieure qui, taillée en biseau, pénètre dans la tôle.

La largeur de coupe est bien déterminée, puisque le bord extrême vient buter à chaque avance contre le prolongement du poinçon. La matrice est réglable en hauteur par le déplacement de son support. La course du poinçon, mesurée au-dessus de l'arête coupante de la matrice, doit être inférieure à la hauteur du calibre pour que le poinçon ne puisse pas mordre sur ce calibre; le réglage du poinçon et de la matrice est fait en conséquence par l'ouvrier découpeur.

Pour découper un profil intérieur, il est nécessaire de percer au préalable un trou à un endroit quelconque de sa périphérie pour qu'il soit possible d'y engager le poinçon au début du découpage.

La machine à découper Moreux convient particulièrement à l'ébarbage des bords des pièces embouties (châssis, traverses, etc.).

S'il s'agit de découper un profil tubulaire, le calibre reproducteur est constitué par un tube-fourreau qui emboîte extérieurement et reproduit à son extrémité la forme à obtenir, qui peut être quelconque ; le tube-fourreau est fendu suivant une ou plusieurs génératrices, d'après ses dimensions et, par le moyen d'une vis, le blocage du tube dans le fourreau est assuré. Le porte-matrice amovible est remplacé par un porte-matrice de forme appropriée. Le découpage s'opère comme pour les feuilles, en approchant l'ensemble des deux tubes du poinçon.

Telles sont, entre autres, quelques-unes des opérations auxquelles se prête la nouvelle machine à découper, dont les avantages sont principalement la rapidité et la régularité du travail, en même temps que sa facilité.

J. Rivoire.

CARTE DES PRINCIPAUX BASSINS HOUILLERS DES ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Cette carte montre que les gisements houillers exploités aux États-Unis sont situés dans le bassin du Mississipi et le long des Montagnes Rocheuses.

LES RICHESSES HOUILLÈRES DES ÉTATS-UNIS

Par Robert DORIMON

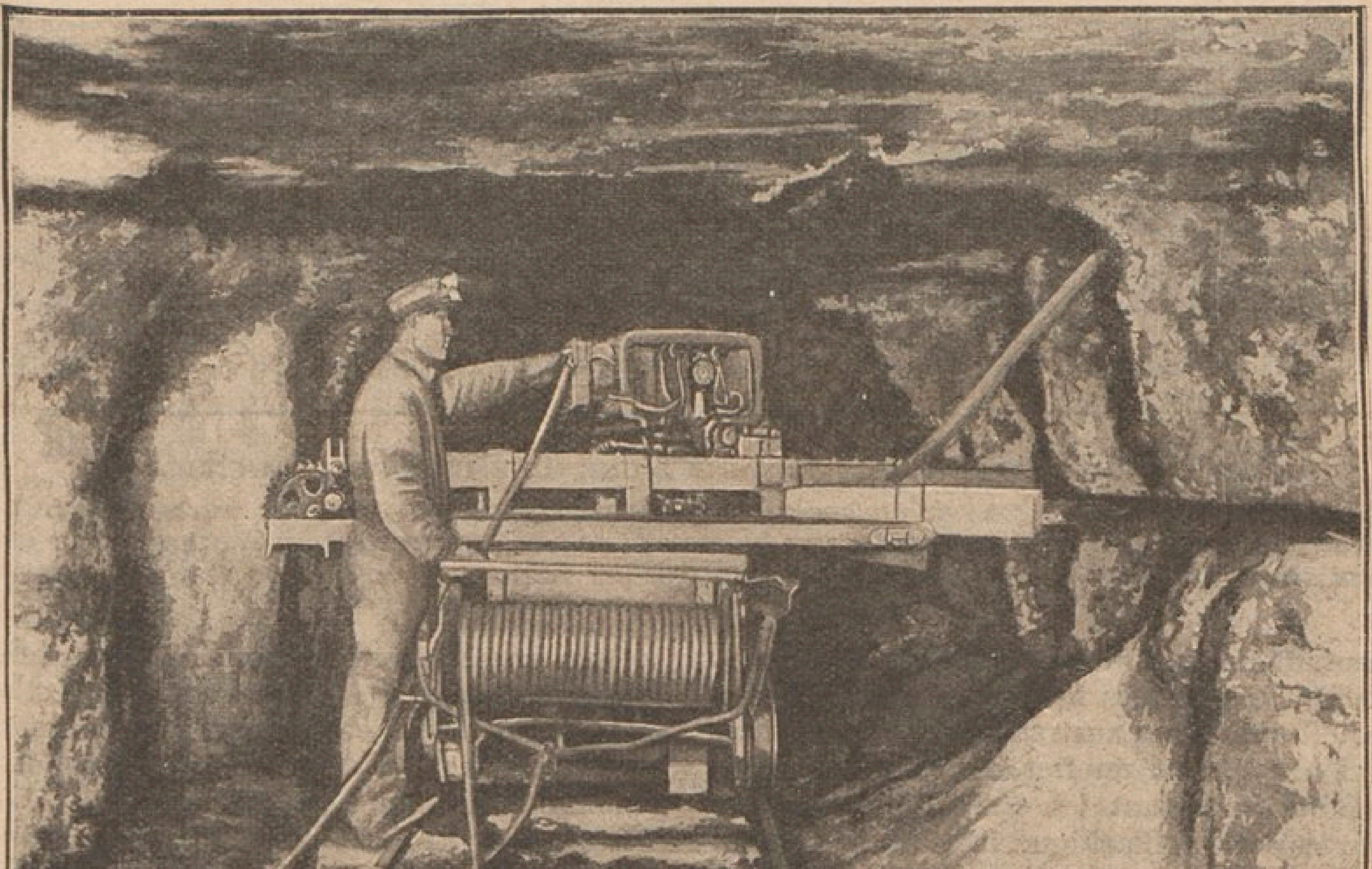
Les Etats-Unis, qui, en 1870, ne produisaient que 33 millions de tonnes de houille, se placent aujourd'hui en tête des nations productrices de combustibles minéraux. Ils ont dépassé la Grande-Bretagne depuis 1899 et le développement de l'exploitation de leurs richesses houillères a continué à marcher depuis lors à pas de géant, sans jamais trahir aucune faiblesse.

Dès 1908, l'importance de l'extraction américaine atteignait 375 millions de tonnes de 1.000 kilogrammes et les accroissements de la production décennale se chiffraient par 100 %, de 1875 à 1885, et par environ 80 % de 1885 à 1905. Actuellement, l'augmentation annuelle continue régulièrement, mais le pourcentage diminue forcément.

La presque totalité de ces combustibles était consommée dans le pays même, car l'exportation ne dépassait pas, en 1908, 12 millions de tonnes, pour la plus grande partie vendues au Canada, au Mexique et aux Antilles, principalement à Cuba.

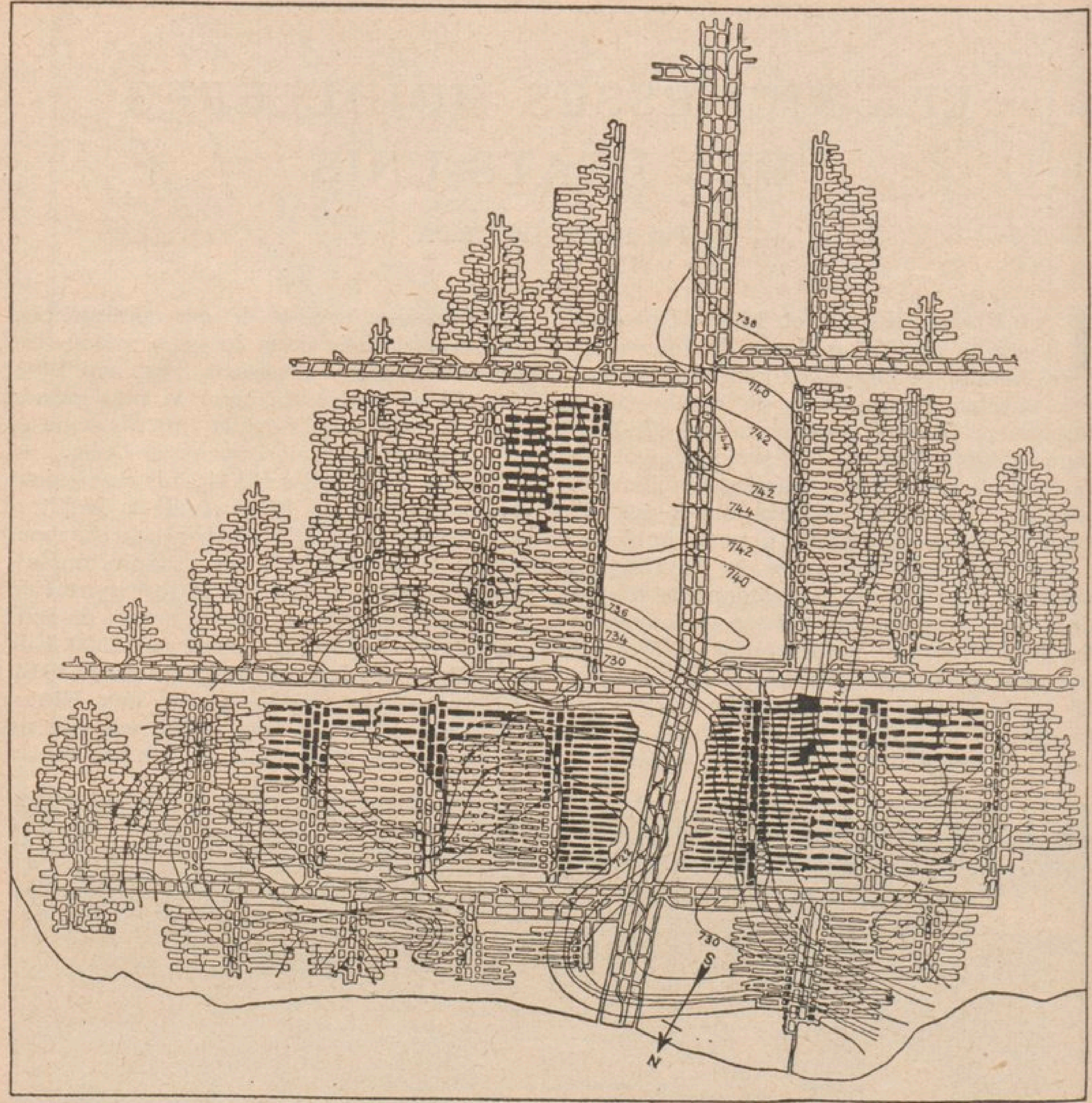
A cette époque, les Etats-Unis envoyaient chaque année dans les ports de la Méditerranée quelques milliers de tonnes de charbon, malgré la concurrence des produits anglais et allemands, qui limitait cette exportation à laquelle on avait vainement essayé de donner un certain développement vers 1900. Elle était d'ailleurs devenue insignifiante en 1914.

L'importation de la houille aux Etats-Unis est également très faible, car elle ne dépasse guère 2 millions de tonnes, repré-



HAVEUSE MÉCANIQUE MONTÉE SUR CHARIOT POUR L'ABATAGE DU CHARBON

L'emploi de ce mode de travail dans les mines du Nord-Amérique permet d'obtenir une extraction intense malgré la rareté relative de la main-d'œuvre et son prix élevé, qui tend encore à augmenter chaque jour.



PLAN DE L'EXPLOITATION SOUTERRAINE D'UNE MINE DE HOUILLE AMÉRICAINE

Les chiffres indiquent les cotes de profondeur, en pieds anglais de 0 m. 3049, des courbes de niveau souterraines. Les petits rectangles vides sont les massifs de houille préparés pour l'abatage, ceux qui sont teintés en noir sont déjà abattus. On voit que les réserves de cette mine sont importantes.

sentant la contribution du Canada à l'alimentation de quelques fours à coke et celle des houilles anglaises, australiennes ou japonaises, qui constituent un fret de retour pour les navires exportant les céréales américaines par les ports du Pacifique, San-Francisco, etc.

L'exploitation des mines de combustibles minéraux est donc, aux Etats-Unis, une affaire exclusivement nationale et le service géologique du pays a procédé, en 1907, à un inventaire complet des gisements répartis sur le sol de l'Union, exception faite de l'Alaska, à cause de son climat très froid.

On a admis, à cet effet, une division générale des gisements en deux classes absolument distinctes qui comprennent, d'une part, les anthracites, et, de l'autre, les charbons dénommés bitumineux et les lignites.

Les anthracites sont principalement exploités dans la région nord-est de la Pensylvanie, qui produit la presque totalité de ces combustibles, bien que le bassin correspondant n'ait qu'une surface relativement très petite (1.247 kilomètres carrés).

Les gisements de charbon bitumineux et de lignites reconnus sont très abondants aux

Etats-Unis et recouvrent une superficie dépassant 1.289.000 kilomètres carrés.

La carte qui précède cet article montre la répartition de ces bassins, dont le plus important est celui des Appalaches, qui fournit une grande quantité de charbons bitumineux de bonne qualité pour tous usages.

Le bassin anthraciteux de Pensylvanie, qui est peut-être le plus riche du monde, comprend au point de vue commercial les trois régions de Wyoming, de Lehigh et de Schuykill.

Sa partie septentrionale, qui mesure 457 kilomètres carrés, affecte la forme d'un croissant long de 88 kilomètres. Elle comporte les vallées de Lackawanna et de Susquehanna, qui ont permis la construction facile des voies ferrées servant à exporter vers l'Ouest les produits de ces riches régions.

C'est de la Virginie occidentale, située, au point de vue géologique, dans la région des Appalaches, que provient la fameuse houille universellement connue sous le nom de Pocahontas. Ce charbon à vapeur et à coke est extrêmement pur, surtout dans la couche n° 3. En 1912, la production de cet Etat dépassait 24 millions de tonnes et, en 1914, la richesse du bassin houiller de Pocahontas fut évaluée à environ 6 milliards de tonnes. Les couches ont une épaisseur uniforme et ne sont dérangées par aucun accident, ce qui rend leur exploitation mécanique facile et rémunératrice.

TRANSPORTEURS MÉCANIQUES DESSERVANT LES GALERIES SOUTERRAINES DE DEUX MINES DE HOUILLE AMÉRICAINES

Comme on le voit, les deux mines ont leurs galeries d'exploitation à deux niveaux différents et les wagonnets, sortant à flanc de coteau sur des estacades, vont se déverser dans le transporteur mécanique partant du niveau supérieur, pour aboutir à un poste de mise en wagons situé sur une voie ferrée construite dans la vallée, au bas de la colline.

Le Pocahontas a un pouvoir calorifique élevé et rend à la marine américaine les mêmes services que rend le cardiff à la marine anglaise. Sa combustion a lieu avec un faible dégagement de fumée, fournit très peu de cendres ou de mâchefer et n'encrasse pas les tubes. On peut donc brûler ce charbon aussi facilement dans les foyers munis du tirage forcé que dans ceux qui fonctionnent avec le tirage naturel, à terre ou sur mer.

Il existait, en 1912, dans le district de Pocahontas, environ 11.000 fours à coke, du type à ruche, ayant produit plus d'un million de tonnes d'un excellent coke métallurgique très dur ne contenant que des traces à peine dosables de soufre et de phosphore, avec une très faible teneur en cendres.

Le nom de Pocahontas est celui d'une princesse indienne, fille du chef Powhatan, qui, en 1605 — elle était alors âgée de douze ans — sauva la vie du capitaine anglais John Smith, condamné à mort par les Peaux-Rouges. Mariée à un gentleman anglais, la

jeune princesse vint visiter Londres en 1616, fut présentée à la cour et mourut prématurément en 1617, à l'âge de vingt-quatre ans.

Il existe, dans l'Etat du Kentucky, de nombreuses mines de houille bitumineuse facilement exploitées à flanc de coteau, dans des sites montagneux très pittoresques.

Les charbons extraits sont descendus dans les vallées où sont situées les voies ferrées, au moyen de convoyeurs spéciaux dits retardateurs. Les fig. page 153 et ci-dessous représentent des vues extérieure et intérieure de ces appareils de transport qui comportent une série de disques métalliques verticaux dont l'ouverture centrale laisse passer le robuste câble d'acier qui les entraîne grâce à l'effort fourni par des roues extrêmes à griffes mues par des moteurs électriques. Les morceaux de charbon circulent sous la poussée des disques dans une auge de bois de chêne garnie intérieurement de plaques métalliques qui facilitent leur glissement.

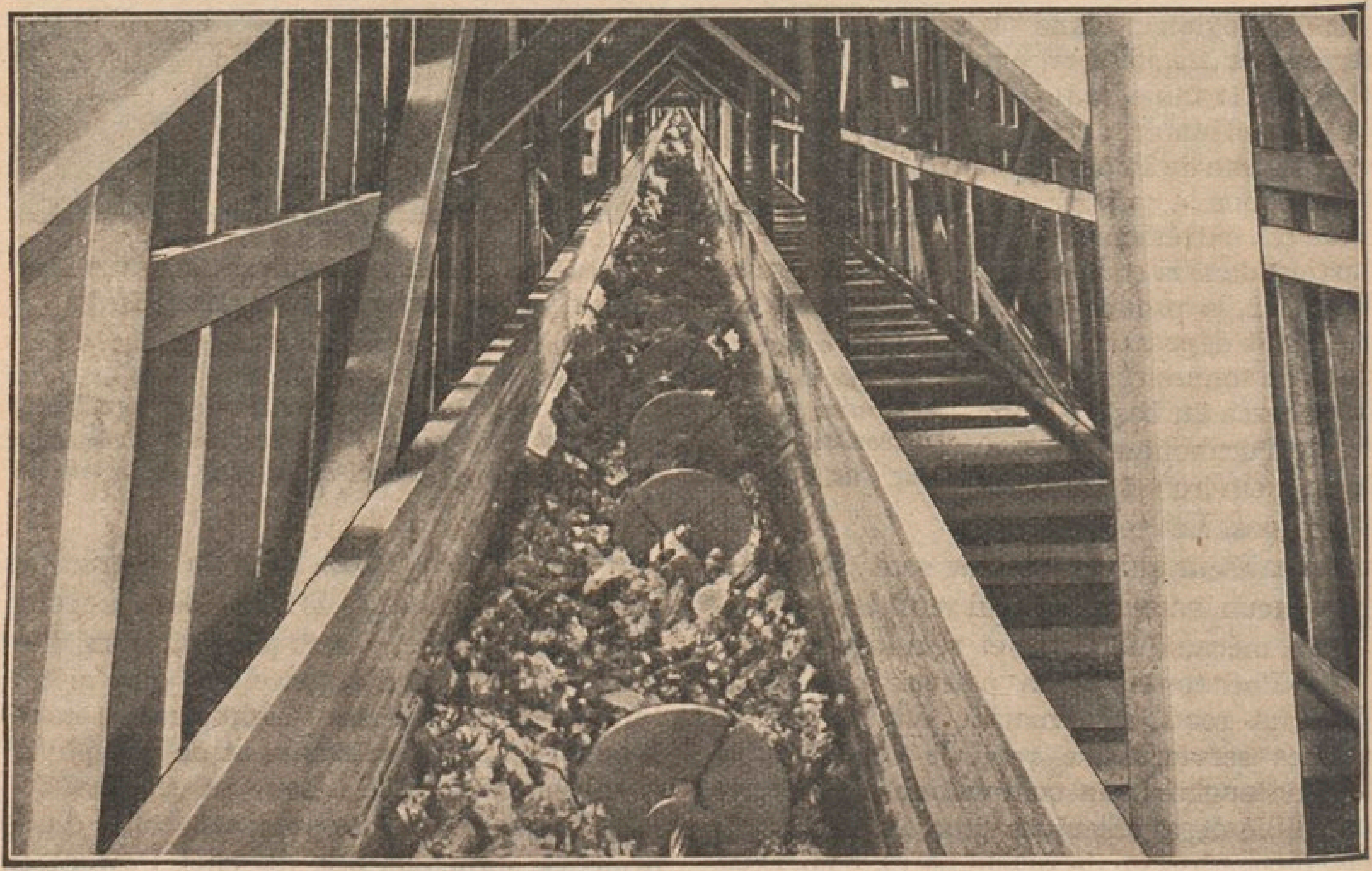
Avant d'être chargée dans les wagons de la voie ferrée, la houille est nettoyée, criblée, concassée et classée par grosseurs dans des ateliers spéciaux construits au pied des collines sur la pente desquelles sont établis les convoyeurs mécaniques de transport.

Dans de ravissants paysages qui ressemblent à s'y méprendre à nos vallées des Vosges ou du Jura, sont alignées, un peu les unes sur les autres, il faut le reconnaître, les maisons de bois, à trois pièces, sans étage, dans lesquelles vivent, sans grand confort, les mineurs de la Virginie occidentale.

La production du charbon bitumineux, en 1913, avait dépassé 478 millions de tonnes dont 174 millions pour le seul Etat de Pensylvanie, qui avait fourni également près de 82 millions de tonnes d'anthracite, réalisant ainsi la plus forte production du globe pour un seul bassin. Venaient ensuite la Virginie occidentale, avec 71 millions de tonnes, et l'Illinois, avec 62 millions. A côté de ces chiffres formidables, l'Ohio, avec 36 millions de tonnes, le Kentucky, l'Alabama et l'Indiana, avec des productions de 18 à 20 millions, faisaient, en quelque sorte, maigre figure alors que leurs extractions auraient certes brillé au premier rang dans maintes contrées européennes, notamment en France.

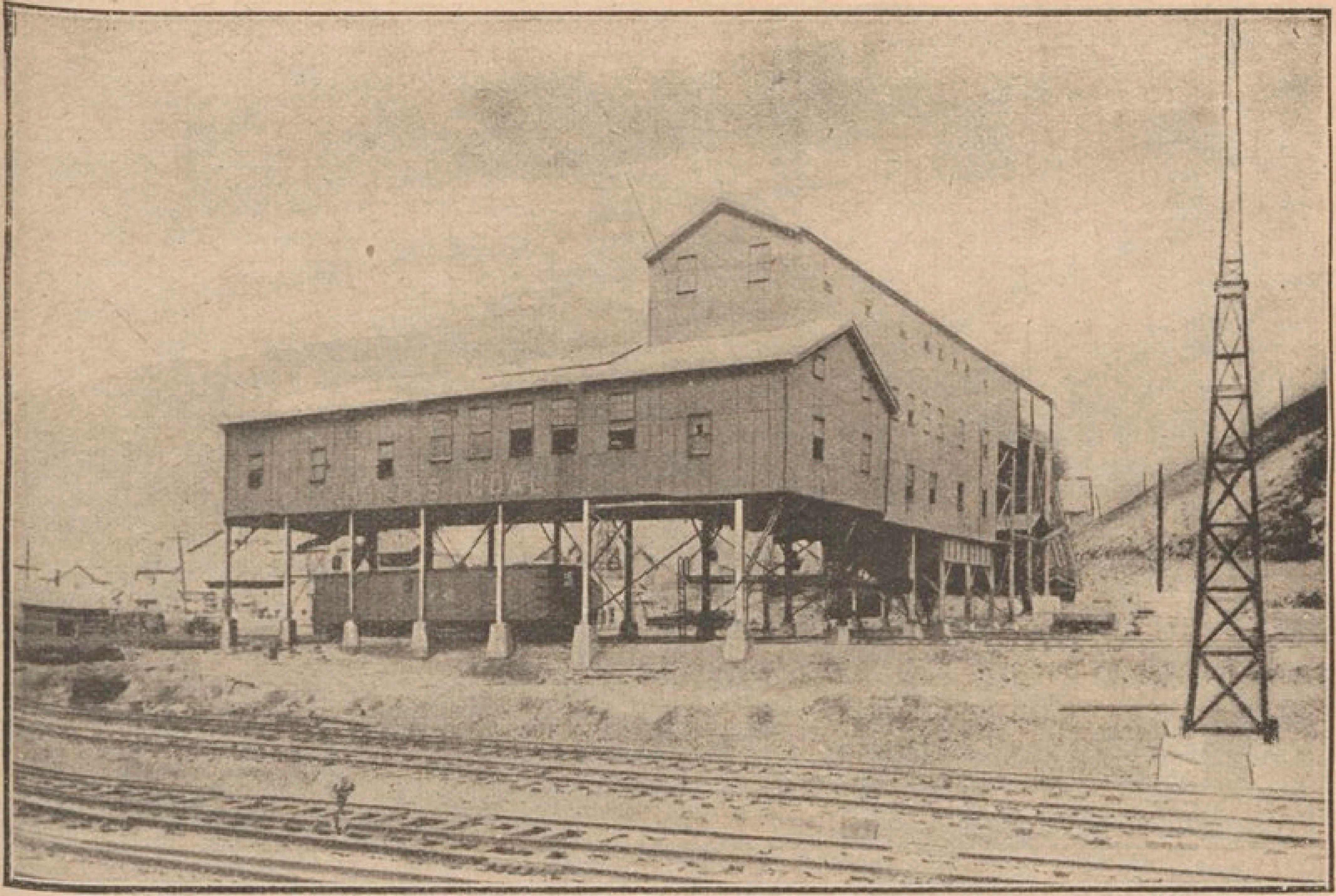
La crise qui sévissait aux Etats-Unis, en 1914, avait fait baisser la production des charbons bitumineux d'environ 56 millions de tonnes, dont 26 pour le seul bassin de Pensylvanie. La Virginie occidentale, mieux partagée, avait seule maintenu son chiffre.

La guerre intensifia les productions à tel point que, en 1918, on avait sorti des mines américaines un total de 653 millions de



VUE D'UN CONVOYEUR A HOUILLE MU MÉCANIQUEMENT PAR L'ÉLECTRICITÉ

Dans un canal en bois ou en béton se meut un câble d'acier sur lequel sont fixés, de distance en distance, des disques de fonte verticaux. La houille est entraînée par les disques le long du canal, qui est disposé suivant la ligne de plus grande pente, sur le flanc d'une colline couverte de grands bois.



INSTALLATIONS DE TRIAGE ET DE CONCASSAGE D'UNE HOUILLÈRE AMÉRICAINE

Le charbon tout-venant est traité sur des courroies transporteuses bordées d'ouvriers qui retirent à la main les pierres qu'il contient. Une fois débarrassée de ces impuretés, la houille est concassée puis triée sur des grilles métalliques et enfin mise en wagons pour être expédiée vers les centres de consommation.

tonnes, dont 89 millions pour l'anthracite, ce qui représentait une augmentation de 93 millions par rapport à 1913. La production du coke métallurgique s'était accrue d'environ 14 millions de tonnes par rapport à la même année, qui marquait un record.

La Pensylvanie tenait toujours la tête avec 246 millions de tonnes extraites, tandis que la Virginie occidentale atteignait 83 millions. On comptait en Pensylvanie 330.000 mineurs occupés au fond et au jour, en 1916.

Grâce à l'emploi intensif d'une machinerie perfectionnée, rendu possible par l'importance des veines exploitées, le rendement du mineur américain est resté, jusqu'ici tout au moins, le plus élevé du monde entier.

La Science et la Vie (numéro 46, page 295) a donné une description des machines construites en vue de l'abatage mécanique employées aux Etats-Unis ; elles rendent les plus grands services dans le cas des charbons durs comme l'anthracite, qui s'exploite à grande profondeur dans des districts souvent grisouteux.

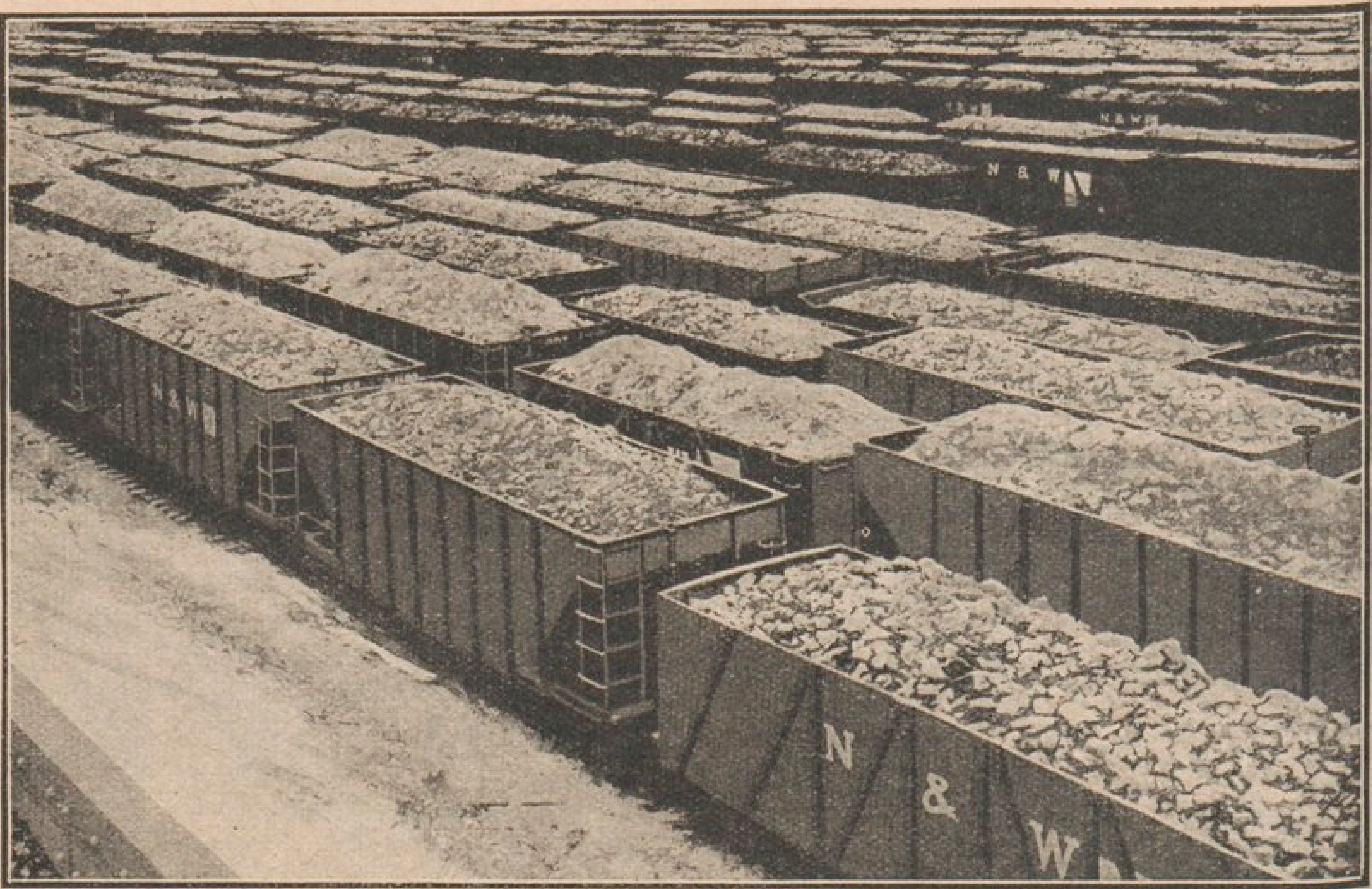
Dans la partie occidentale du bassin de Pensylvanie on a reconnu une douzaine de couches exploitables sur 370 mètres de terrain houiller et la puissance utile totale du charbon à enlever varie de 16 à 25 mètres.

Il faut cependant remarquer que les mines américaines en viennent à brûler elles-mêmes une quantité de charbon qui n'est pas moindre de 10 % de leur extraction, afin de produire l'énergie électrique nécessaire pour actionner les appareils d'abatage mécanique.

L'accroissement du tonnage extrait pendant la guerre provient surtout des mesures prises pour augmenter le rendement des jours de travail annuel qui était autrefois de 220.

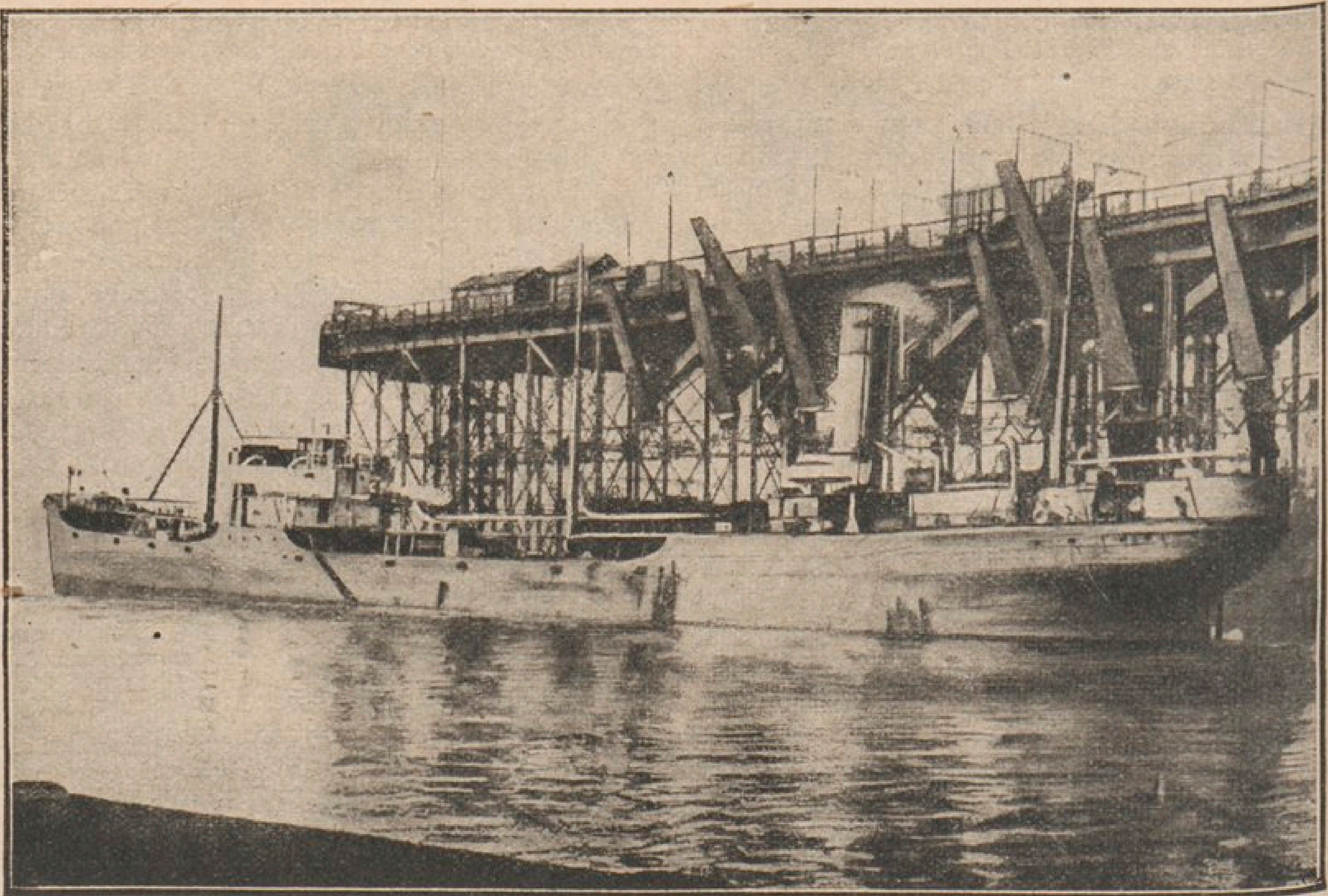
Une des richesses houillères les plus merveilleuses des Etats-Unis est constituée par la couche des charbons bitumineux de Pittsburg, qui joue un rôle considérable dans la vie économique du pays. Le tonnage de cet immense gisement est estimé à plus de 10 milliards de tonnes rien que pour la partie comprise dans la Pensylvanie. Il produit, notamment, la célèbre houille de Connelsville, qui donne un coke métallurgique de premier qualité, dur et sonore.

Le développement du machinisme avait permis aux exploitants américains de distribuer aux mineurs des salaires relativement élevés, puisque, dès 1902, les ouvriers du fond gagnaient environ 3.000 francs par an, c'est-



PARC DE 3.000 WAGONS DE HOUILLE, A NORFOLK (VIRGINIE OCCIDENTALE)

Ce combustible est conservé en réserve pour faciliter et pour régulariser les expéditions par mer.



POSTE DE CHARGEMENT MÉCANIQUE DE CHARBON DANS UN PORT AMÉRICAIN

Le combustible est versé dans les navires au moyen de coulottes que l'on peut à volonté relever ou abaisser suivant la profondeur des cales, pour ne pas briser les morceaux.

à-dire un peu plus de 13 fr. 50 par journée de travail. Aujourd'hui, ces conditions sont bien changées et une immense agitation secoue le monde des mineurs en vue d'obtenir d'importantes augmentations de salaires et une diminution des heures de travail, qui influerait dangereusement sur la production.

On conçoit que, sur un terrain aussi étendu que celui des Etats-Unis, le prix des charbons livrés à la consommation soit extrêmement variable à cause de la répartition inégale des gisements de combustibles exploitables.

La carte page 150 montre, en effet, que les couches de houille sont beaucoup plus abondantes dans l'Est et le Centre que dans les Etats de l'Ouest, où le combustible minéral, actuellement reconnu et exploité, se réduit à fort peu de chose. C'est cê qui explique que le chauffage au pétrole des locomotives, des chaudières fixes et des foyers métallurgiques ait pris une si grande extension dans tous les Etats situés à l'ouest du Mississipi.

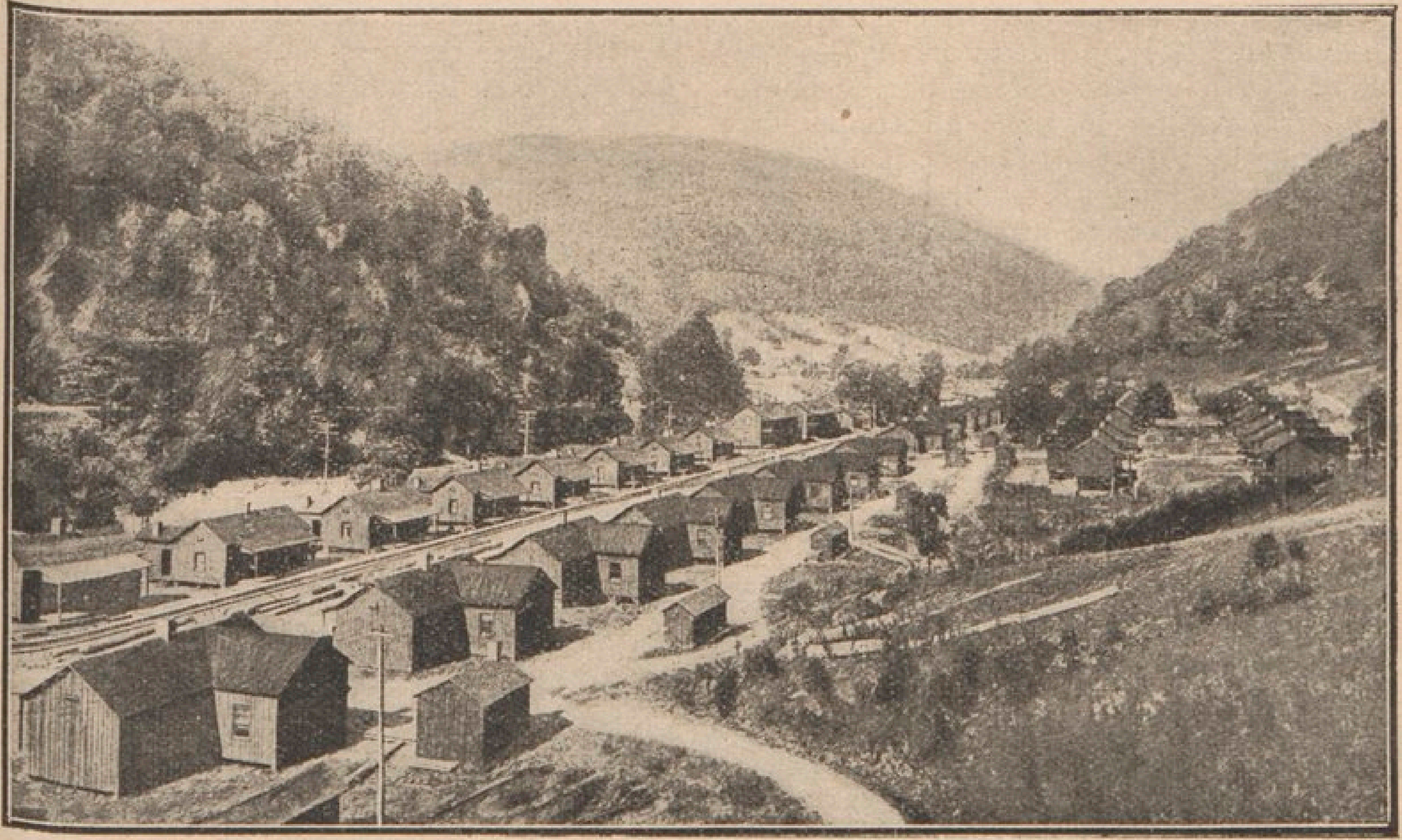
L'extrême bon marché des combustibles minéraux a, pendant longtemps, favorisé l'industrie américaine, car, en 1900, le prix de revient de la tonne d'anthracite sur le carreau de la mine était inférieur à 9 francs. En 1914, le tout-venant valait 1 dollar 30 la tonne à Pittsburg, mais la guerre a déterminé une augmentation formidable des prix de revient et des prix de vente. La houille bitumineuse coûtait, en 1917, de 5 à 6 dollars 50 prise à la mine, et l'anthracite, à New-York, se vendait 12 dollars, c'est-à-dire 60 fr.

Le prix du fret ayant subi une hausse invraisemblable, on conçoit que l'importation en Europe des charbons américains soit un expédient d'autant plus onéreux que l'élévation du taux du change augmente encore de 80 % le montant des factures à payer par les consommateurs français.

La question de l'alimentation du marché européen par les charbons des Etats-Unis est donc encore plus difficile à résoudre que par le passé, et il est peu probable que l'on voie s'établir, à cette occasion, un courant commercial permanent comme semblait l'espérer une grande partie du grand public français.

La construction d'une grande flotte commerciale américaine amènera sur le marché des frets de nouveaux éléments de concurrence qui influenceront peut-être les importations charbonnières en France. Il est cependant prob:ble que les houilles d'outre-Atlantique ne trouveront, pas plus que par le passé, le fret de retour dont l'absence constitue un empêchement à leur vente sur les grandes places commerciales européenr

ROBERT DORIMON.



HABITATIONS DE MINEURS PRÈS D'UNE HOUILLÈRE, AUX ÉTATS-UNIS

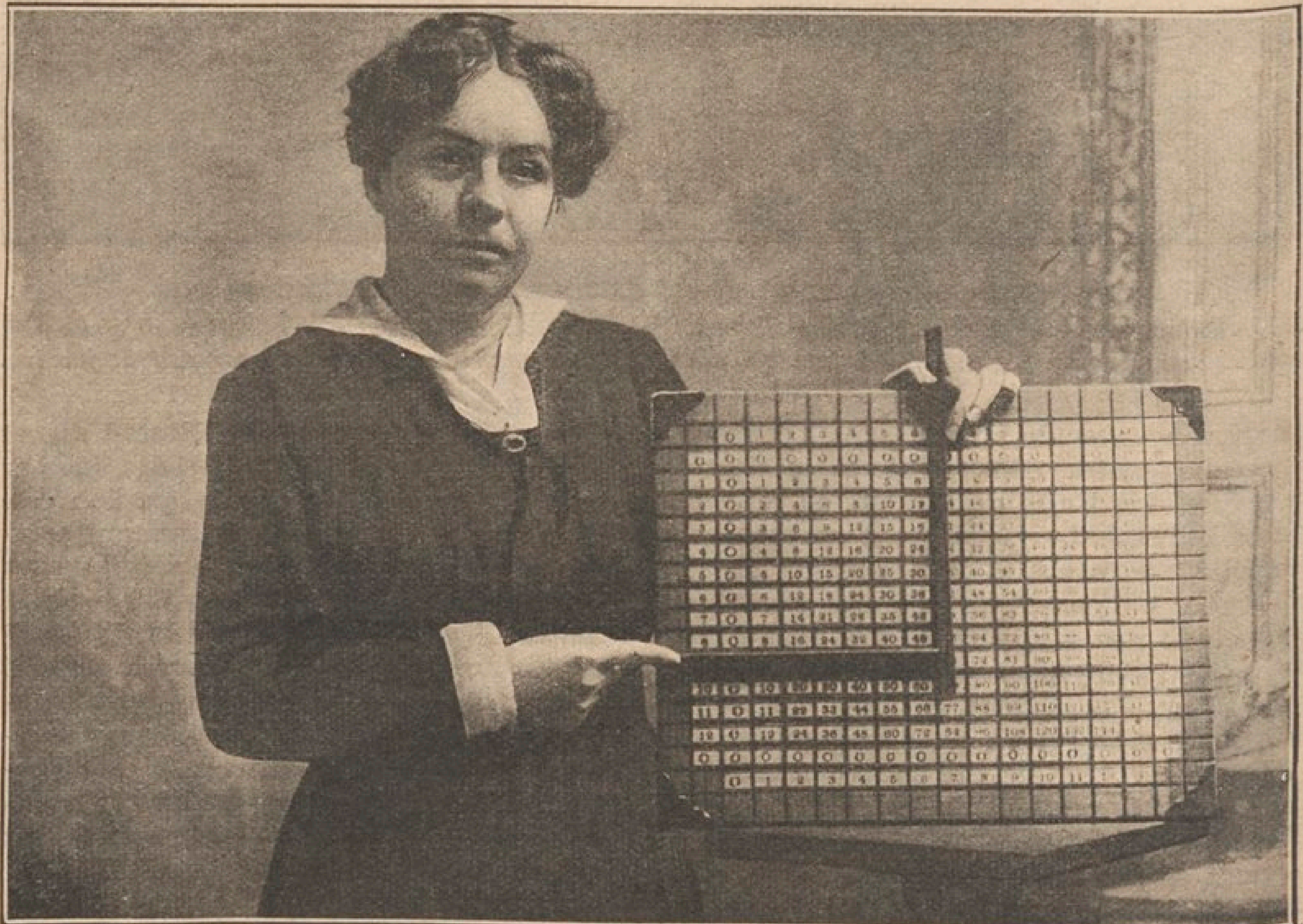
Ces maisonnettes, construites en bois, comprennent trois pièces. Bien qu'alignées dans une vallée superbe, voisine des puits où travaillent les ouvriers, elles sont beaucoup trop serrées et manquent de jardins.

TABLE DE MULTIPLICATION AUTOMATIQUE

Tous les professeurs qui commencent à enseigner les premiers éléments de l'arithmétique savent, par expérience, combien de difficultés ils éprouvent à faire entrer dans la cervelle de leurs jeunes élèves ce casse-tête chinois qu'on appelle la table de Pythagore. Lorsque parfaitement maître, en apparence, des produits par 7 ou par 8, l'enfant aborde les produits par 9, les premiers s'évanouissent comme par enchantement et il doit recommencer à les apprendre, d'où un retard dans ses études; pendant cet intervalle de temps, il oubliera sûrement à nouveau ces fameux produits par 9, qui lui avaient donné déjà plus d'une migraine!

A la vérité, les élèves d'intelligence moyenne apprennent et retiennent toutefois assez vite les produits des premiers multiples entre eux, de 2 à 5 inclus, mais à partir de 6 la difficulté commence pour augmenter progressivement jusqu'à 10. Passé ce nombre, les jeunes calculateurs s'embarrassent fort. Aussi, une dame américaine, miss Albertina Bechmann, vient-elle d'imaginer une *table de multiplication automatique*, qui rendra faciles les opérations arithmétiques à l'enfant le moins doué. Ce simple appareil se compose d'un tableau portant des rangées de chiffres de 0 à 144. Les rangées sont séparées par des rainures. Si on veut trouver combien font 6 fois 4, on n'a qu'à chercher le chiffre 6 au haut du tableau et le chiffre 4 de l'autre côté, puis à placer une règle sur la rangée la plus proche de 6 comme l'indique la photographie et une autre règle sur la rangée la plus voisine de 4. Dans l'angle produit par le croisement des règles, on trouve la réponse, 24.

Si on désire diviser 24 par 6, on place une règle sur la rangée 6 et 24 et l'autre règle sur la rangée aboutissant à angle droit à 24. On a la réponse 4 à l'autre extrémité de la seconde rangée. Cet instrument des plus simples rendra service aux arithméticiens débutants.



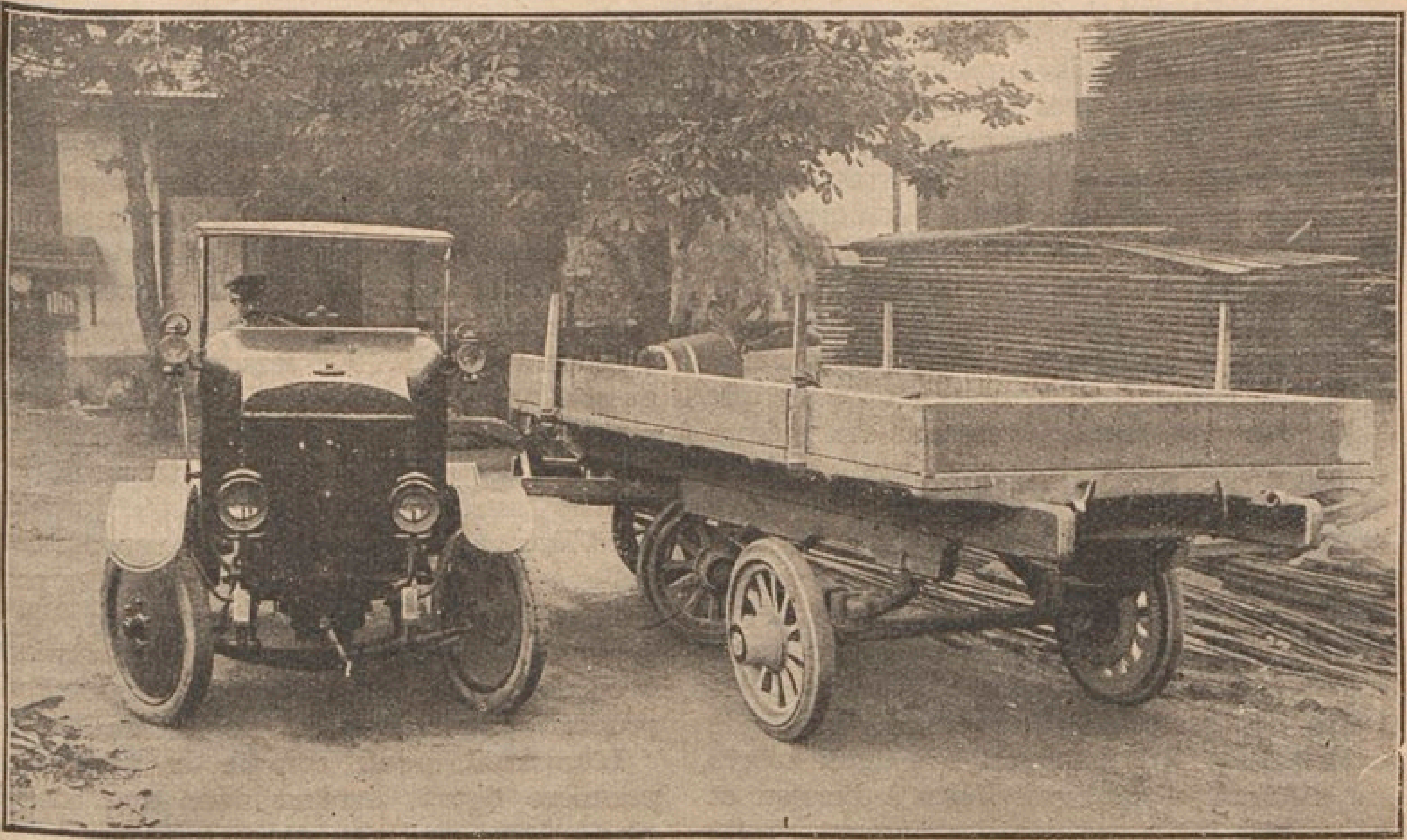
LA TABLE DE MULTIPLICATION IMAGINÉE PAR MISS ALBERTINA BECHMANN

LA DIVISION DE LA CHARGE POUR LES TRANSPORTS SUR ROUTE

L'UTILISATION d'un matériel transporteur automobile doit être étudiée de très près, si l'on veut en obtenir un bon rendement et éviter les retours à vide.

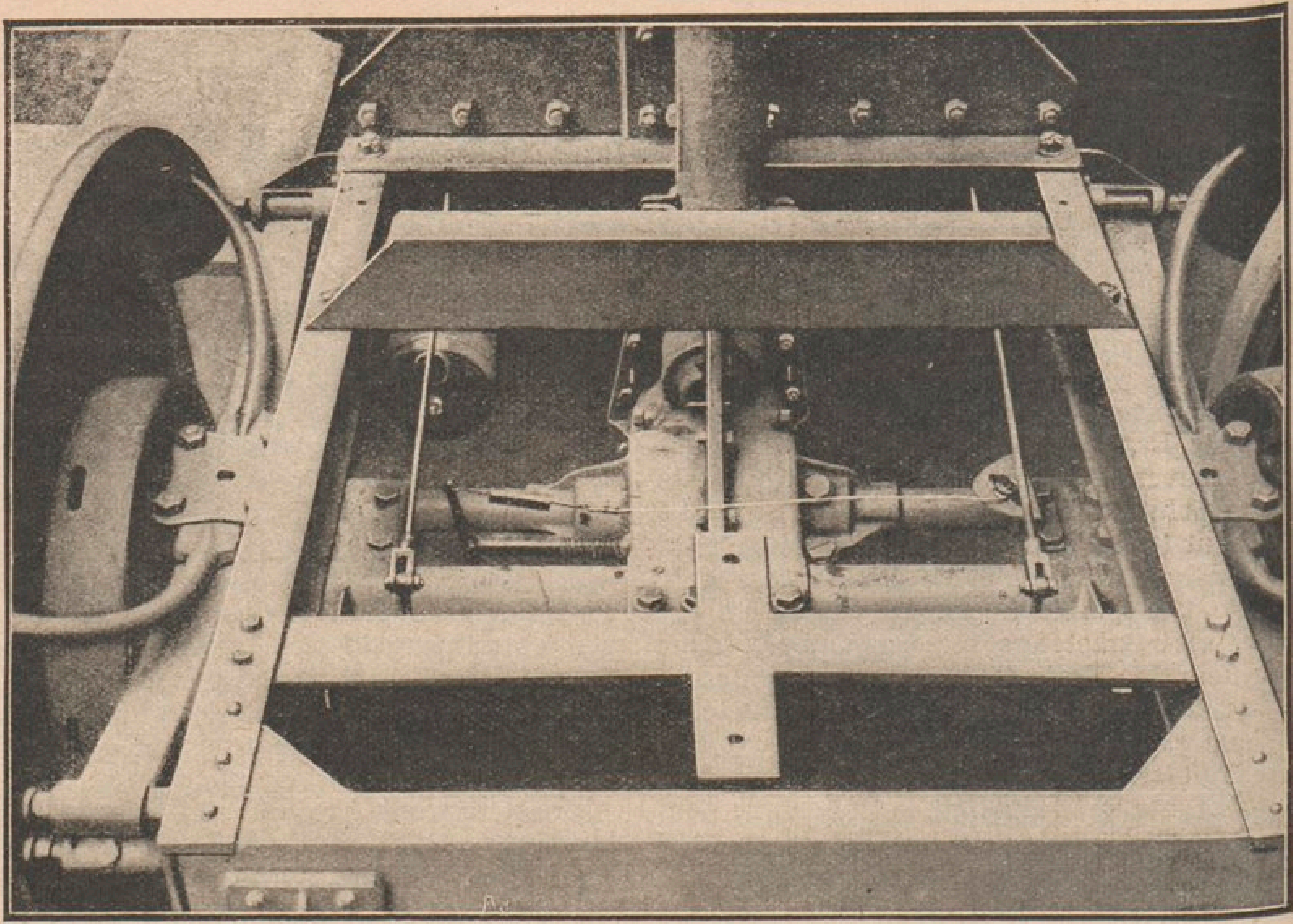
MM. Lagache, Glaszmann et Cie viennent de trouver au problème du transport sur route une solution élégante, simple et pratique. Ils ont tout d'abord adopté le système de la remorque, qui permet de doubler la charge utile transportée à chaque voyage ; à cet ensemble, tracteur et remorque, ils ont donné le nom de « Train F. A. R. ». C'est une sorte de train, en effet, mais dont la caractéristique et le grand mérite sont de pouvoir se dédoubler à volonté, chacune des parties ayant un rôle bien défini, le tracteur ne remplissant ici que le rôle de la locomotive qui remorque mais ne porte rien, la remorque restant, d'autre part, le wagon qu'il est possible de multiplier suivant les besoins.

Il est certain que l'avantage est grand de pouvoir avoir en même temps un wagon en chargement, un autre en déchargement, pendant qu'un troisième est remorqué d'un point à l'autre par le tracteur qui ne cesse pas ainsi de travailler. Arrivé au quai avec une remorque vide, il laisse celle-ci et repart aussitôt avec la remorque pleine qui l'attendait. Celle-ci, ramenée à l'usine, passe au déchargement, tandis que la remorque qui vient d'être vidée retourne au quai avec le tracteur-navette. Un tracteur et trois remorques peuvent ainsi assurer un service intensif régulier et beaucoup plus rapide. Le tracteur, n'ayant rien à porter lui-même, est de construction beaucoup plus légère; il verra donc sa vitesse augmentée sensiblement, surtout lorsqu'il revient avec une remorque vide ; il peut marcher à vingt-huit kilomètres à l'heure, à vide ; à vingt kilomètres avec sa charge utile. C'est-à-dire qu'il ne mettra qu'une heure pour couvrir le parcours qu'un camion ne ferait qu'en deux. Au résumé, le train F. A. R aura un



LE TRACTEUR ET LA REMORQUE PEUVENT ÉVOLUER DANS UN ESPACE TRÈS RESTREINT

L'avant-train de la remorque est monté sur cheville ouvrière; d'autre part, l'attache du tracteur pouvant tourner complètement autour d'un axe rigide, il s'ensuit que le train peut se mouvoir dans un espace à peine plus large que les deux véhicules accolés.



VUE DE L'ARRIÈRE DU TRACTEUR ET DE SON ESSIEU MOTEUR

Le couple conique et son différentiel sont enfermés dans un carter. Les roues sont commandées par pignons droits dont le plus grand est à dentures intérieures.

rendement trois fois supérieur, effectuant huit ou neuf voyages dans la journée au lieu de trois, transportant une quarantaine de tonnes au lieu de quinze, faisant tomber le prix de revient de la tonne kilométrique à 25 centimes environ, résultat intéressant.

Le tracteur employé, un Chenard-Walcker, fabriqué sur les indications des inventeurs du train, ne pèse que mille quatre cents kilos ; il comporte les mêmes organes que la quinze chevaux de tourisme des mêmes constructeurs, moteur, embrayage et changement de vitesse qui, depuis de longues années, ont fait leurs preuves. Quatre cylindres monobloc 80 × 150 ; quatre vitesses et marche arrière par trains baladeurs ; le pont arrière se compose d'un essieu forgé d'une seule pièce sur lequel tournent les roues et au milieu duquel est porté le carter du couple conique. Les deux arbres du différentiel sont parallèles à l'essieu et attaquent les roues par des pignons droits engrenant avec des couronnes à denture intérieure. Ce dispositif a le très grand avantage de permettre à l'arrière du véhicule de supporter une charge plus considérable.

Le tracteur, en effet, étant léger, pourrait ne pas avoir l'adhérence suffisante pour remorquer de lourdes charges. Cette adhérence indispensable c'est la remorque elle-même qui va la lui donner. Le tracteur porte, fixé à son châssis, un peu en avant de l'essieu arrière, une vis verticale sur laquelle peut se mouvoir un écrou auquel vient se fixer le bras de l'attelage. En remontant cet écrou, on soulève plus ou moins l'avant-train de la remorque, dont le poids s'appuie d'autant plus sur les roues arrière du tracteur, lesquelles sont garnies de pneus jumelés. L'adhérence est ainsi réglable, proportionnelle à la charge à transporter. On peut traîner jusqu'à deux remorques avec huit tonnes de charge totale, ce qui diminue encore le prix de la tonne kilométrique, proportionnellement au poids transporté.

L'appareil, peut, comme le montre la première figure, évoluer dans une rue de cinq mètres de large, grâce à l'avant-train, à cheville ouvrière, de la remorque qui pivote sur un cercle et qui peut aussi, à l'aide d'un simple verrou, être bloqué dans la position droite, pour la marche arrière.

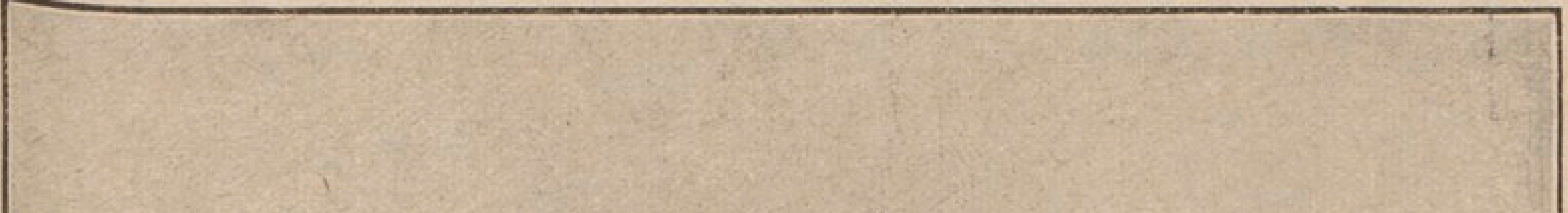
L'INCIDENCE VARIABLE CONSTITUERAIT, POUR LES AVIONS, UN PROGRÈS APPRÉCIABLE

Par Georges **HOUARD**

L'UNE des qualités importantes de l'avion est la rapidité, qualité aussi nécessaire au bon rendement de l'appareil qu'à l'avenir du nouveau mode de locomotion. Car si l'on s'efforce d'assurer aux aéroplanes une vitesse aussi grande que possible, ce n'est pas seulement dans le but d'écourter la durée d'un voyage aérien, mais surtout parce que la vitesse est absolument indispensable à la sustentation de l'aéroplane.

Pour enlever du poids, il faut aller vite ; un avion lent ne peut voler que s'il est très léger, condition qui s'oppose absolument à la réalisation d'un appareil pratique. Les avions actuels portent de 35 à 40 kilos au mètre carré ; pour assurer la sustentation d'une charge pareille, il faut nécessairement aller très vite et l'on n'y parvient qu'en ayant recours à un moteur très puissant. De plus, la vitesse est nécessaire pour permettre à un avion de lutter efficacement contre les éléments ; si cet avion doit vaincre un vent de 35 à 40 kilomètres à l'heure, il lui faut disposer d'un excédent de puissance considérable pour pouvoir se défendre avec succès des remous et des coups de vent.

Au début de l'aviation, lorsque les avions volaient à 50 kilomètres à l'heure, la moindre

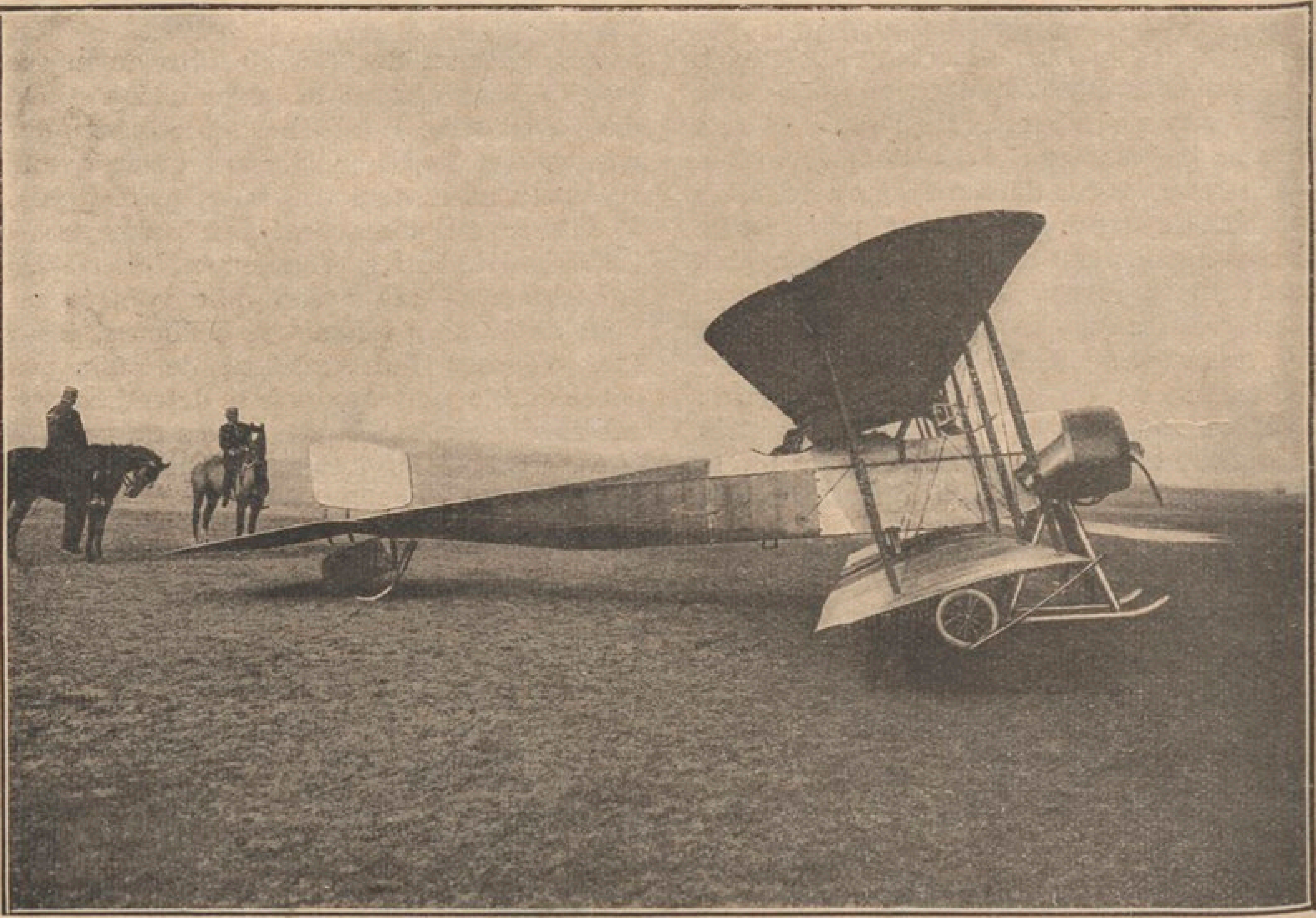


L'INCIDENCE VARIABLE A ÉTÉ RÉALISÉE, DÈS 1912, SUR L'AÉROPLANE SCHMITT

Quand l'appareil est en plein vol, on réduit au minimum l'incidence de la cellule, de façon à obtenir le maximum de vitesse dans un temps relativement très court.

brise les obligeait à rester au hangar. A présent où leur vitesse est au moins de 120 à 150 kilomètres à l'heure, ils peuvent affronter de véritables bourrasques et sortir par presque tous les temps. Il apparaît donc que la vitesse est la qualité essentielle de l'avion et qu'il faut chercher à l'accroître sans cesse par tous les moyens, hormis ceux qui peuvent réduire le coefficient de sécurité de l'aéroplane et de celui qui le pilote.

Mais si la vitesse a ses qualités, elle a aussi ses inconvénients. En ce qui concerne la sécurité, c'est, si l'on peut dire, une arme à deux tranchants. En effet, si un avion rapide se défend mieux dans le vent qu'un avion lent, il devient, par contre, beaucoup plus dangereux au moment de l'atterrissage. Les avions actuels, qui sont très lourds, ne peuvent se soutenir en l'air que s'ils sont animés d'une grande vitesse ; si une panne de moteur se produit, la descente en vol plané doit s'effectuer sous un angle très prononcé, de façon à ce que le vent relatif créé par la chute soit suffisant pour sustenter l'appareil et remplacer, en somme, l'effet de traction exercé par l'hélice. Or, une telle descente, *en piqué*, présente des risques sérieux, car si l'angle de chute n'est pas assez prononcé, l'appareil, qui n'est plus tiré par le moteur, *perd sa vitesse* et c'est à bref délai son effondrement sur le sol. Avec les appareils actuels, il faut atterrir en pleine vitesse, et c'est là une manœuvre dont on saisit tout le danger, surtout lorsqu'une panne de moteur vous oblige à descendre rapidement sur un terrain inconnu et parfois hérissé d'obstacles.



LE MÊME AÉROPLANE SCHMITT, MAIS DONT L'INCIDENCE DES AILES A ÉTÉ PORTÉE AU MAXIMUM (VOIR LA FIGURE DE LA PAGE PRÉCÉDENTE)

En augmentant l'incidence de la cellule, on réduit la vitesse de l'avion dans une proportion assez sensible, ce qui facilite d'autant l'atterrissage.

Le remède consiste à trouver un appareil qui, au départ et en plein vol, soit animé d'une très grande vitesse et qui, au moment de l'atterrissage, soit aussi lent que possible.

Pour assurer à un avion une allure de 200 kilomètres à l'heure, il a fallu naturellement réduire les résistances à l'avancement. On a été ainsi amené à concevoir des ailes absolument plates qui permettent l'obtention des grandes vitesses mais qui sont essentiellement impropres à la sustentation. Dans le même but, on a réduit l'incidence des ailes ; l'angle d'attaque, par rapport au fuselage, est devenu presque nul, solution excellente pour

accroître la vitesse de l'avion mais nettement défectueuse pour le vol plané. Ces ailes plates et dépourvues d'incidence permettent d'aller très vite, mais font de la grande vitesse une condition *sine qua non* de sustentation, et cela n'est pas sans danger.

D'après ce qui précède, il est facile de voir que la solution du problème réside dans une légère transformation des ailes. L'aile plate étant nécessaire à la vitesse de l'avion sera conservée, mais son incidence sera variable de telle façon que, positive à la montée et à la descente, elle favorise l'ascension de l'appareil au départ et sa sustentation à l'atterrissage, et que nulle, ou presque, en plein vol, elle ne s'oppose pas à l'avancement de l'avion, dont le propre est la vitesse.

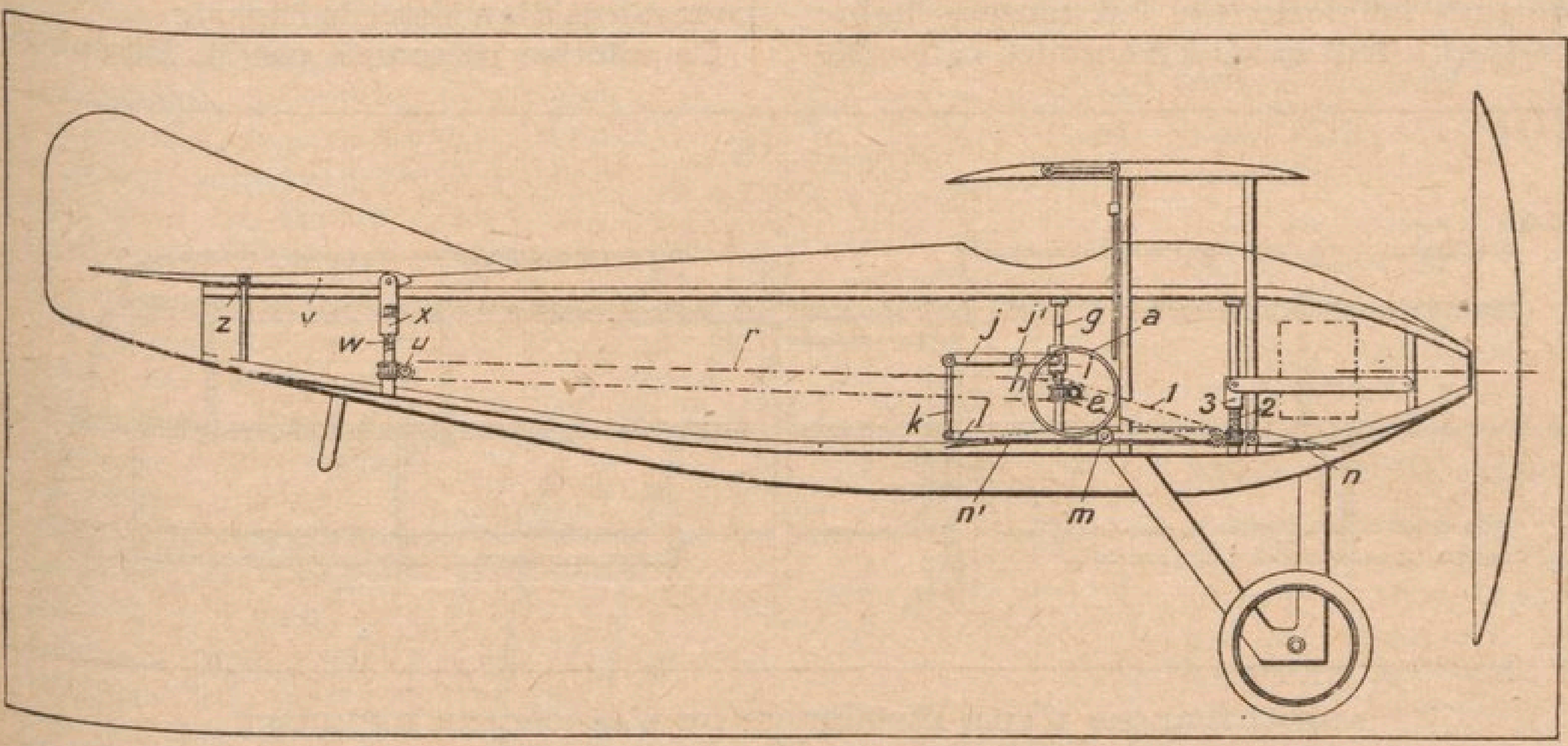
L'incidence variable avait déjà tenté un constructeur avant la guerre. Sur le biplan Schmitt, ce dispositif avait été réalisé non sans un certain succès, puisqu'il avait valu à son inventeur l'un des prix du concours de la sécurité (juillet 1914). Mais l'appareil comportait seulement la possibilité de modifier l'incidence des ailes, la position de l'hélice et de la queue restant la même. Or l'avion est un engin assez délicat ; la position de l'hélice, l'angle d'attaque de la queue sont calculés pour des ailes ayant une incidence déterminée. Si l'on modifie cette incidence, il semble qu'il faille déplacer également l'hélice et la queue. Ce serait là un problème assez ardu qu'un inventeur, M. Dhumbert, assure avoir résolu peu de temps avant l'armistice.

L'incidence variable, commandée par le pilote, assure un meilleur rendement aux avions, en leur permettant de quitter le sol et de s'élever très rapidement, de conserver leur vitesse maximum en plein vol, de réduire cette vitesse lorsqu'ils passent au vol plané de façon à ce que l'atterrissage s'effectue à une allure modérée, c'est-à-dire dans d'excellentes conditions d'aisance et de sécurité.

L'invention de M. Dhumbert consiste : 1° à rendre mobile la partie arrière du plan inférieur, de telle manière que le pilote puisse, à volonté, en modifier l'incidence ; 2° à régler également la position du plan équilibreur arrière suivant l'inclinaison de l'aile ; 3° à faire varier la position du moteur en le faisant pivoter verticalement, provoquant ainsi un décalage plus ou moins accentué et une inclinaison correspondante de l'hélice.

Ces manœuvres sont exécutées simultanément, au gré du pilote, par la rotation d'un volant unique. Sur l'axe de ce volant sont fixés une vis sans fin et deux pignons à chaîne enfermés dans un carter ; les mouvements imprimés au volant sont transmis par l'intermédiaire de ces chaînes aux divers organes actionnant la partie arrière du plan inférieur, l'équilibreur et l'arbre de l'hélice.

Pour comprendre le fonctionnement du système, il convient de se reporter aux schémas qui accompagnent cet article. La figure ci-dessus représente l'avion en vol normal ; on voit que le plan inférieur n'est pas modifié, sa partie postérieure *n'*



COUPE SCHÉMATIQUE D'UN AVION A INCIDENCE COMMANDÉE

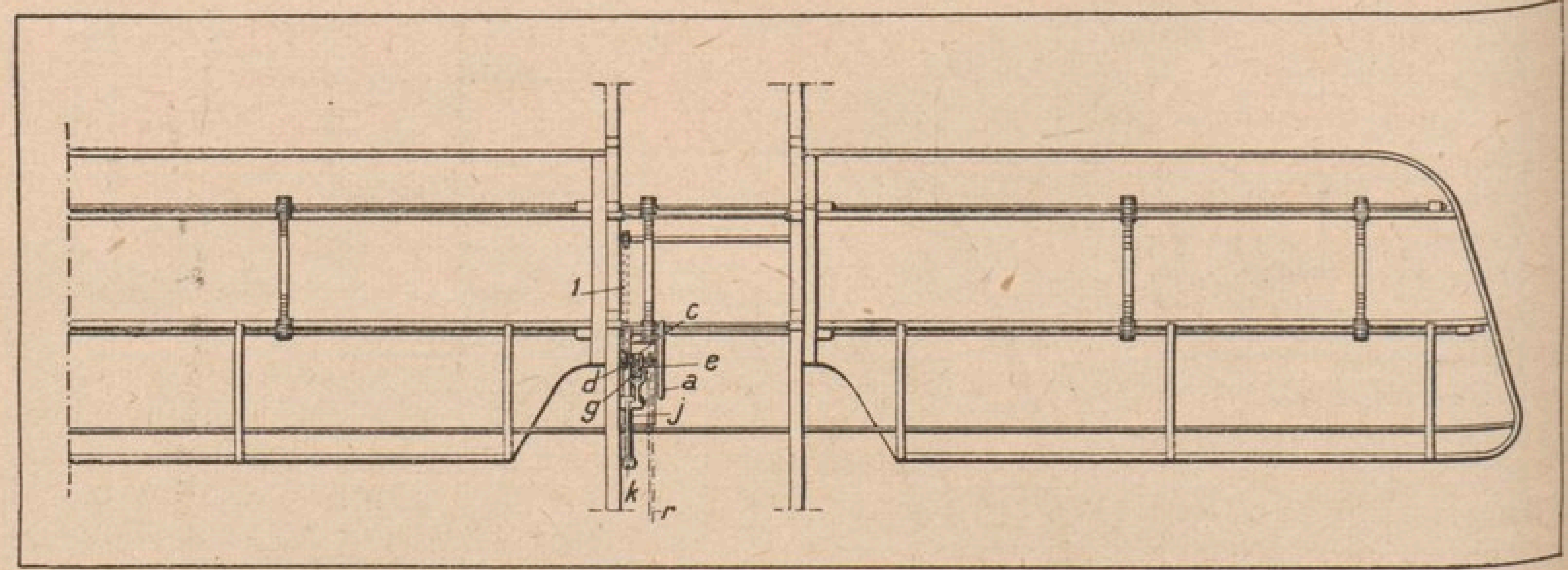
En manœuvrant le volant a, *on provoque simultanément l'abaissement de la partie arrière du plan inférieur* n' *et l'élévation du stabilisateur* j. *En même temps, le déplacement du moteur tout entier détermine une inclinaison correspondante de l'arbre de l'hélice.*

restant dans le prolongement du bord avant *n*. Le stabilisateur arrière y est également dans la position normale, c'est-à-dire approximativement parallèle aux ailes de l'appareil. Il en est de même pour l'axe de l'hélice. La disposition de ces organes est donc telle qu'elle permet à l'avion d'obtenir sans effort spécial sa vitesse maximum.

Si, pour une raison quelconque, le pilote est contraint de s'élever très rapidement, il agit sur le volant de manœuvre *a* ; le mouvement de rotation imprimé au volant est transmis à la vis sans fin *c* et aux pignons *d e* fixés sur l'arbre du volant *a*. La vis sans fin *c* commande l'abaissement de la partie arrière du plan inférieur ; elle fait tourner l'arbre vertical *g* dont la vis *h* détermine la montée tout entier. Ce moteur est monté sur des bras oscillants qui prennent appui sur le fuselage ; le déplacement du moteur est assuré par la chaîne 1, commandée par le volant *a*, cette chaîne déterminant à volonté, et par l'intermédiaire de la vis 2, la rotation de l'écrou 3, qui abaisse sensiblement la partie arrière du moteur et incline, par conséquent, vers le haut la partie opposée.

Tous ces mouvements sont conjugués, c'est-à-dire qu'en faisant varier l'incidence du plan inférieur, on déplace du même coup l'inclinaison de la queue et celle de l'hélice. Cette manœuvre est effectuée soit au départ, pour accélérer la montée, soit à l'atterrissage, pour ralentir la vitesse de l'avion.

La solution préconisée par M. Dhumbert



STRUCTURE DE L'AILE INFÉRIEURE DE L'AÉROPLANE DHUMBERT

1, *chaîne commandant le déplacement du moteur ;* a, *volant ;* c, *vis sans fin ;* d e, *pignons fixés sur l'arbre du volant ;* g, *arbre vertical ;* j *et* k, *levier et bielle assurant l'abaissement de l'aile inférieure de l'appareil ;* r, *chaîne de commande du stabilisateur.*

d'un écrou qui, à son tour, provoque l'oscillation du levier *j* sur son pivot *j'*. Cette oscillation est transmise par la bielle *k* au levier *l* et à l'arbre *m*, le levier *l* étant calé vers le milieu de cet arbre. (V. fig. précédente).

La partie mobile de l'aile oscille donc autour de l'arbre *m*, en pivotant sur celui-ci. L'abaissement de cette partie mobile a lieu chaque fois que le conducteur de l'appareil déplace le volant dans le sens convenable.

Mais, en même temps que l'aile s'abaisse, il faut que le stabilisateur arrière s'élève pour rétablir l'équilibre de l'avion. Ce mouvement est obtenu, en même temps que le précédent, par le déplacement de la chaîne *r*, qui engrène le pignon *v* ; les écrous *x*, fixés aux extrémités du stabilisateur *j*, provoquent en se vissant dans la tige filetée *w*, l'élévation de ce stabilisateur qui pivote sur son axe *z*.

Quant à l'inclinaison de l'arbre de l'hélice, on l'obtient par le déplacement du moteur est, en principe, fort intéressante. A première vue, rien n'empêche de l'adopter. En réalité, il semble qu'il en soit tout autrement. Le dispositif en question comporte, en effet, beaucoup trop d'organes mécaniques pour pouvoir être facilement appliqué à un avion. De plus, ces organes seraient très lourds et ce que l'on gagnerait comme vitesse, en réduisant les effets de la résistance de l'air sur les ailes, serait annulé par une augmentation de poids très appréciable. Ensuite, la variation d'incidence ne s'applique pas à l'ensemble des ailes, mais seulement à une partie du plan inférieur. Obtiendrait-on, de cette façon, le résultat que l'on est en droit d'attendre de l'incidence variable convenablement conçue ? Enfin, il paraît difficile d'assurer la mobilité d'un moteur de 200 chevaux sur le fuselage d'un avion, sans entraîner à bref délai, la dislocation des points d'attache.

Georges Houard.

LA CIRCULATION D'EAU DANS LES TUBES DE CHAUDIÈRES

Par le Commandant A. POIDLOUË

De tous les fluides gazeux susceptibles d'être utilisés dans les machines, le plus répandu est la vapeur d'eau, obtenue en brûlant du combustible dans un foyer ; cette vapeur va ensuite se dilater dans un cylindre, derrière un piston auquel elle imprime un mouvement rectiligne alternatif, et celui-ci, transformé en mouvement circulaire, détermine, par exemple, la propulsion d'un navire par la rotation des hélices. On crée ainsi du travail positif en transformant l'énergie calorifique en énergie mécanique.

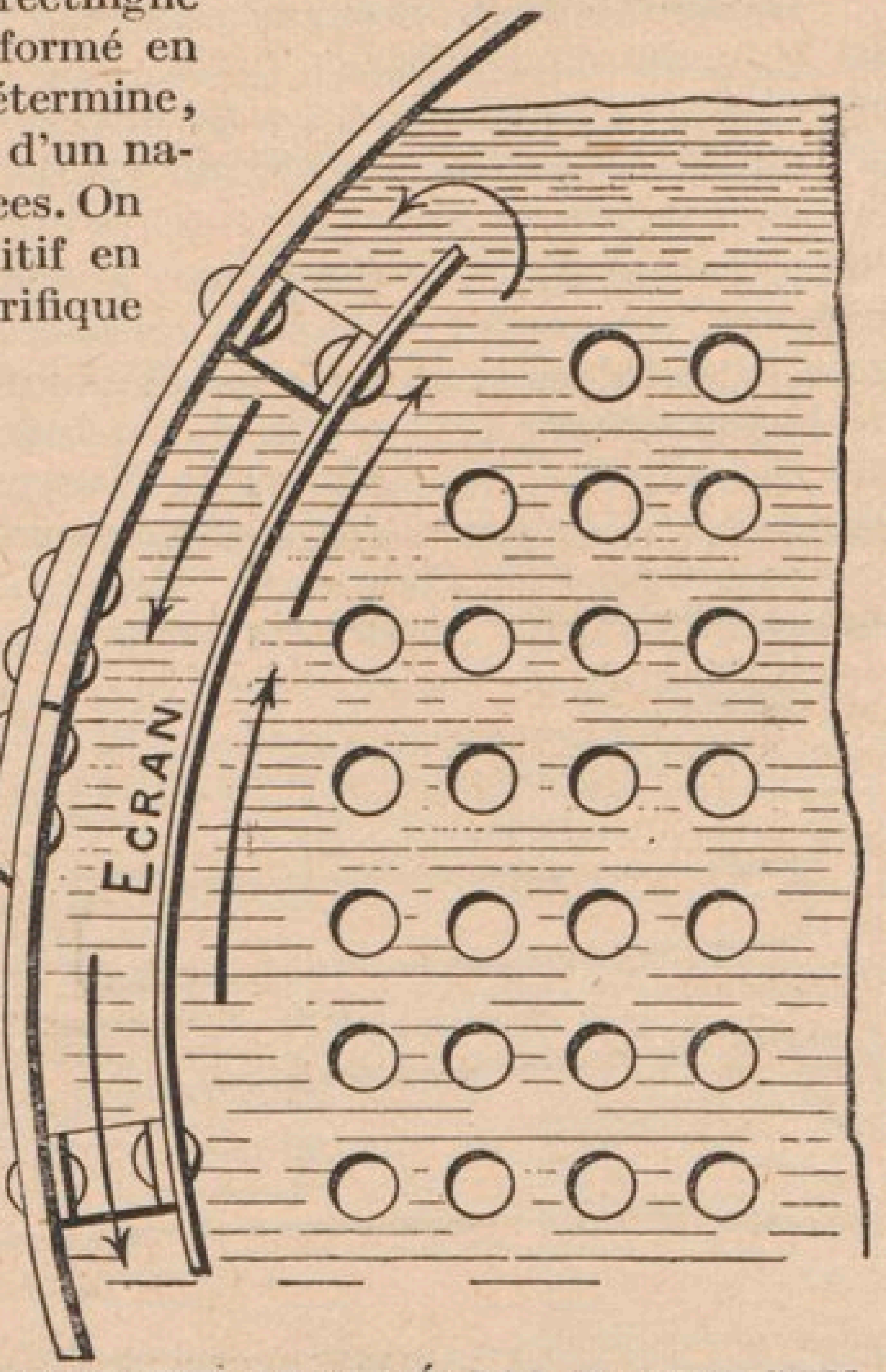
Tous les corps de la nature se présentent à nous sous l'un des aspects : solide, liquide ou gazeux, mais ces caractères ne constituent nullement des états définitifs ; l'eau, par exemple, peut prendre ces trois états pour peu que l'on fasse varier plus ou moins soit sa température, soit la pression qu'elle supporte.

Quand il suffit d'abaisser légèrement la température pour que le fluide gazeux de l'eau redevienne liquide, on le désigne sous le nom de vapeur; si, au contraire, on éprouve de la difficulté, après l'avoir chauffé, à le ramener à sa forme primitive, on le désigne sous le nom de gaz, bien qu'il n'existe aucune différence dans la constitution des fluides émis par le même liquide, le gaz restant la forme finale que prend la vapeur sous l'influence d'un chauffage continu et énergique.

On nous permettra de rappeler le plus brièvement possible, afin d'éclairer ce qui va suivre, quelques lois concernant les gaz ; la loi de Mariotte, en ce qui regarde leur compressibilité, s'énonce comme il suit :

A température constante, les volumes occupés par une même masse de gaz sont en raison inverse des pressions qu'elle supporte.

Soit un volume V_0 à une pression p_0 et un volume V à une pression p, on a $\frac{V_0}{V} = \frac{p}{p_0}$ d'où $V_0 p_0 = Vp =$ constante.



DISPOSITIF IMAGINÉ PAR M. AUGUSTIN NORMAND POUR AMENER UNE CIRCULATION LOGIQUE DE L'EAU DANS LES CHAUDIÈRES A VAPEUR

La partie cylindrique de la chaudière est séparée par un écran du faisceau des tubes ; les flèches indiquent le sens de la circulation.

La loi de Gay-Lussac est la suivante :

Les gaz exposés à d'égales variations de température, sous la même pression, se dilatent de quantités égales.

Le coefficient moyen de dilatation des gaz entre 0 et 100°, trouvé par M. Regnault, est constant et égal à 0,003665 = 1/273; on le représente par α. En combinant cette loi avec celle de Mariotte, on arrive à une expression très simple qui relie le volume V à la température t et à la pression p. $\frac{p. V}{1+\alpha t} = p_0 V_0$ = constante; p_0 et V_0 sont la pression et le volume à 0°; p. et V la pression, et le volume à une température t. Si on admet que le coefficient trouvé par M. Regnault soit vrai pour toutes les températures, on peut l'écrire $p. V. = p_0 V_0 (1 + \frac{t}{273})$.

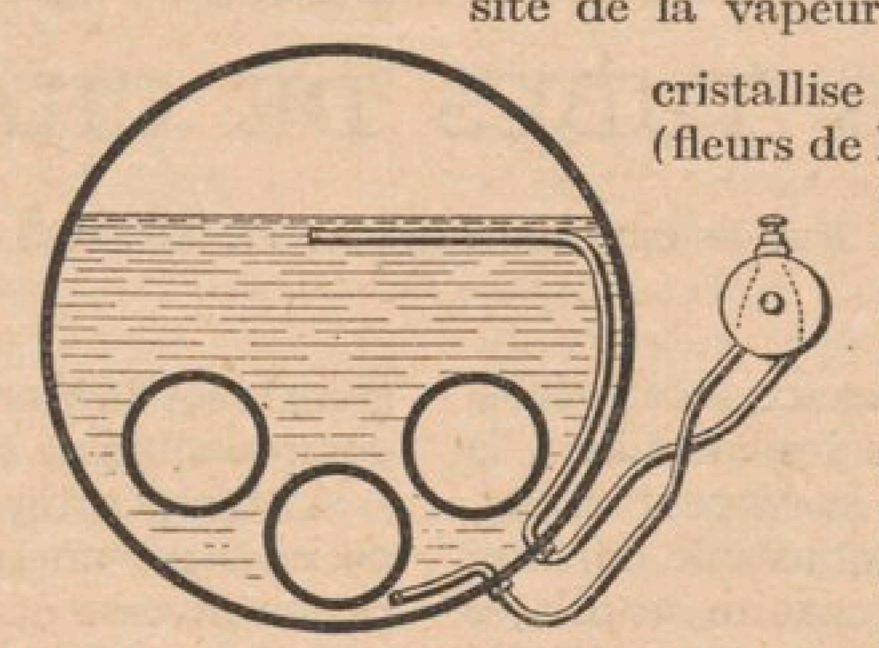
Quand la température $t = -273°$, on a $p. V=0$. Or, comme le volume ne saurait être nul, c'est donc que $p=0$; le gaz n'existe pour ainsi dire plus à l'état de gaz : il est arrivé

à une sorte de repos absolu dans lequel sa force élastique est complètement nulle.

La température de — 273° où ce phénomène se trouve réalisé, porte le nom de zéro absolu. Le coefficient de M. Regnault n'est d'ailleurs exact que pour l'hydrogène et l'air ; avec d'autres gaz il change, et également avec d'autres températures. En somme, ce zéro n'a qu'une valeur conventionnelle.

On n'ignore pas qu'une calorie est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° la température d'un gramme d'eau.

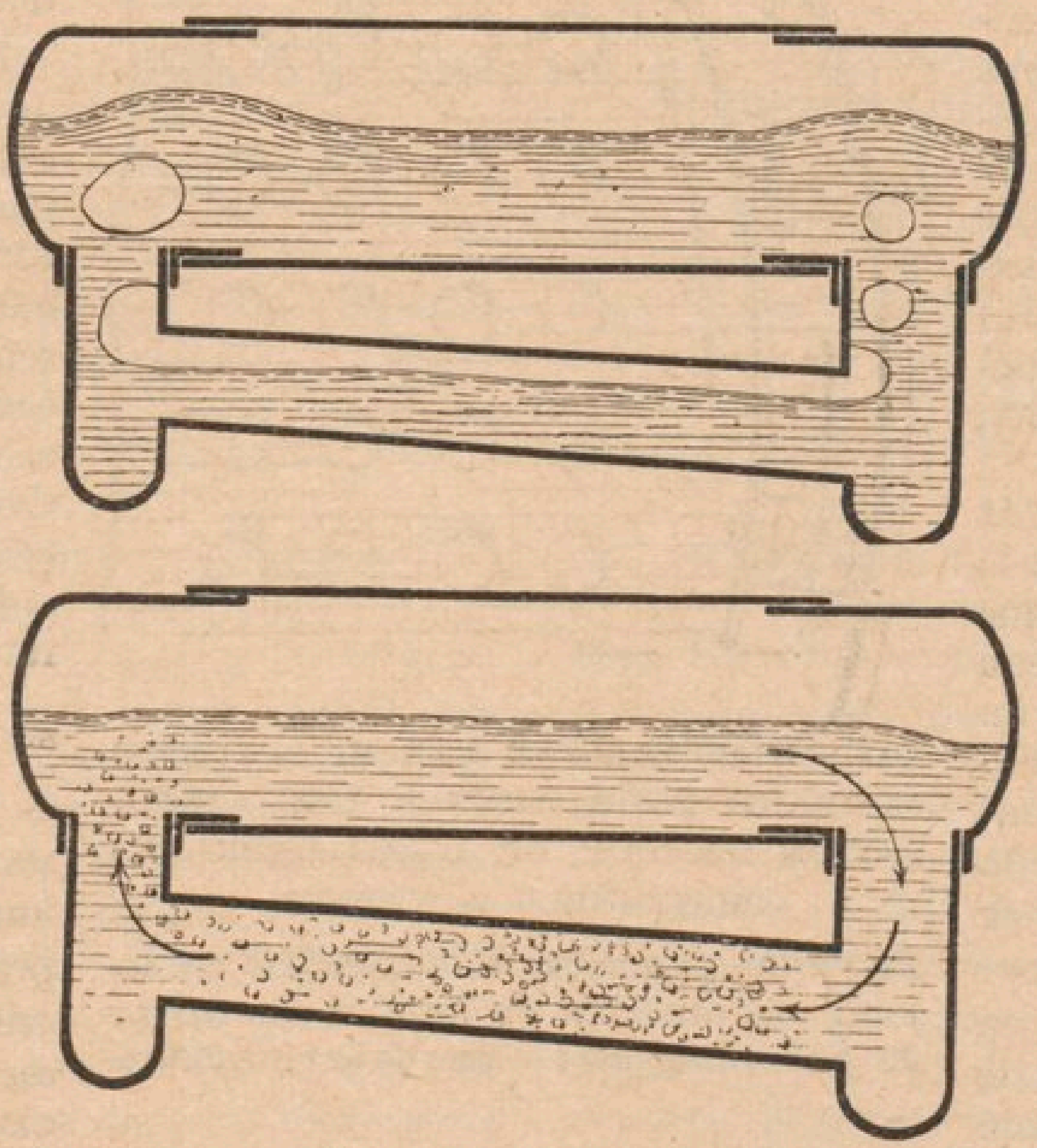
La chaleur spécifique d'un gaz est la quantité de chaleur qu'il faut communiquer à l'unité de poids de ce gaz pour élever sa température de 1°, en le maintenant à une pression constante. Il y a également une autre chaleur spécifique des gaz qu'on appelle chaleur spécifique à volume constant ; c'est la quantité de chaleur qu'il faut communiquer à ce gaz pour élever sa température de 1° en le maintenant à un volume constant ; le rapport de ces deux espèces de chaleurs spécifiques est à peu près égal à 1.41.



DISPOSITIF DE L'INGÉNIEUR DES CONSTRUCTIONS NAVALES GARNIER

La petite turbine placée à droite aspire l'eau à la partie supérieure du niveau d'eau et la refoule à la partie inférieure.

L'eau qui va nous servir à produire de la vapeur circulant dans les tubes de chaudières se rencontre dans la nature sous les trois états de vapeur d'eau, d'eau et de glace ; les résultats de l'analyse faite par Lavoisier et Meunier, en 1784, ont permis de constater qu'elle était composée d'hydrogène et d'oxygène, que 1 gramme d'hydrogène et 8 d'oxygène donnent 9 grammes d'eau et que deux volumes d'hydrogène combinés avec un volume d'oxygène produisent deux volumes d'eau. La densité de l'eau est de 1 à 4°, celle de la glace 0,93, ce qui explique pourquoi celle-ci surnage, la densité de la vapeur $\frac{5}{8}$; l'eau se solidifie à 0°, cristallise en étoiles hexagonales (fleurs de la neige), bout à 100°, sous la pression normale de 760 mm. Formée d'un élément combustible, l'hydrogène, et d'un élément comburant, l'oxygène, l'eau, qui n'est ni combustible ni comburante, diffère donc profondément par ses propriétés des corps qui la constituent. L'eau distillée est partiellement dissociable au rouge blanc, décomposable par le courant électrique ; décomposée au rouge par le charbon et le chlore et par tous les métaux, soit à chaud, soit à froid, sauf par l'aluminium et les métaux précieux. Les eaux naturelles contiennent en dissolution les gaz de l'air : oxygène, azote, acide carbonique ; on constate que, dans l'air dissous par l'eau, le volume de l'oxygène est à celui de l'azote dans la proportion de 1 à 2 ; quant à la proportion d'acide carbonique, sur 100 volumes d'air dissous, elle varie de 2 % dans l'eau de pluie à 47 % dans l'eau courante. Elle contient également des matières minérales, carbonates, phosphates, sulfates de chaux, silices, chlorures, sel marin *Na C* l et des matières organiques.

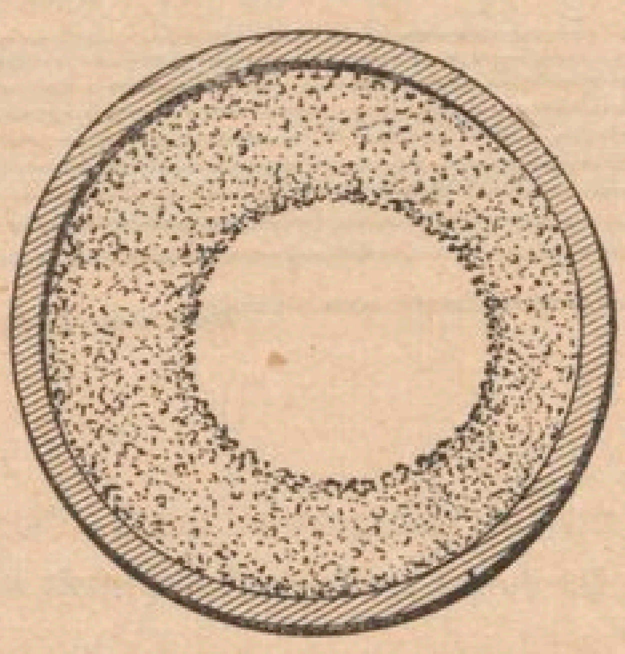


DANS LA PREMIÈRE FIGURE, LA VAPEUR CIRCULE MAL ET PAR A-COUPS ; DANS LA SECONDE, LA CIRCULATION EST ACTIVE ET CONTINUE

Vapeur saturée. — Quand, dans un vase clos, une vapeur est en contact avec le liquide générateur qui lui a donné naissance, on dit qu'elle est saturée, et tant que la température reste constante, elle possède une force élastique indépen-

dante du volume qu'elle occupe. Si on la comprime, la température restant constante, une partie de la vapeur reprend l'état liquide; si, au contraire, le volume augmente, il y a vaporisation, la quantité d'eau diminue, celle de la vapeur s'accroît; il arrive un moment où il ne reste plus une seule goutte d'eau dans le vase : on dit alors que la vapeur est sèche.

Si on augmente l'intensité du foyer, elle devient surchauffée et peut supporter une certaine compression sans se liquéfier. Son emploi constitue un avantage parce que l'eau saturée donne parfois lieu à des condensations, mais l'emploi de la vapeur surchauffée a l'inconvénient de décomposer les matières de graissage et de provoquer, par suite, l'usure des pièces.



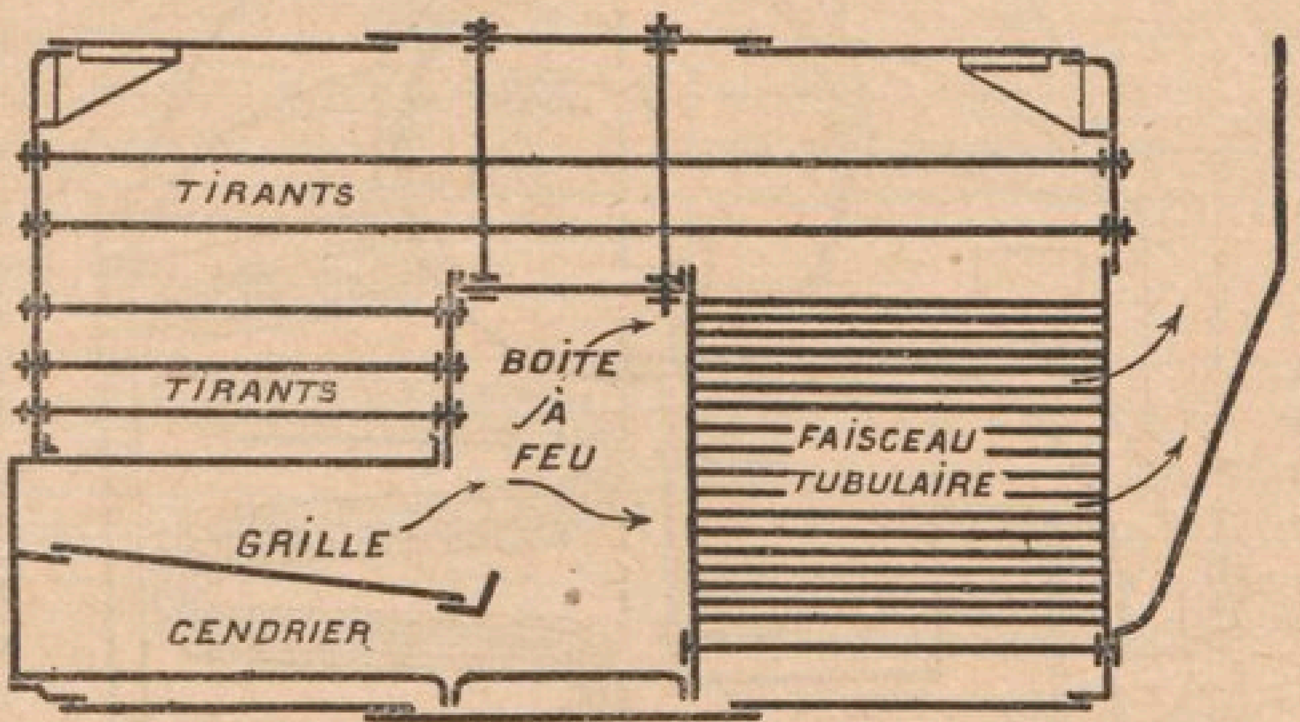
FAC-SIMILÉ, EN VRAIE GRANDEUR, D'UNE COUPE OBTENUE A LA SCIE DANS UN TUBE A CIRCULATION TRÈS ACTIVE

On y voit un dépôt d'environ un centimètre d'épaisseur.

Dans le phénomène de l'ébullition, des bulles gazeuses se forment sur le fond du vase ; elles se condensent d'abord au contact du liquide plus froid, puis il arrive un moment où elles se développent simultanément dans toute la masse du liquide et l'ébullition se produit avec un grand changement de volume; sous la pression atmosphérique un litre d'eau produit environ 1650 litres de vapeur; si le liquide contient des matières salées en dissolution, l'ébullition est retardée; l'eau de mer ne bout qu'à 109°.

La caléfaction est le phénomène qui se produit quand l'eau est en contact avec des plaques rougies, par exemple ; elle se divise en globules plus ou moins volumineux, qui sont séparés de la plaque par une mince couche de vapeur.

La chaleur latente est la quantité de chaleur qui disparaît, est annihilée quand, sans changement de température, on effectue la vaporisation d'un kilogramme d'eau.



COUPE D'UNE CHAUDIÈRE DITE DE L'AMIRAUTÉ

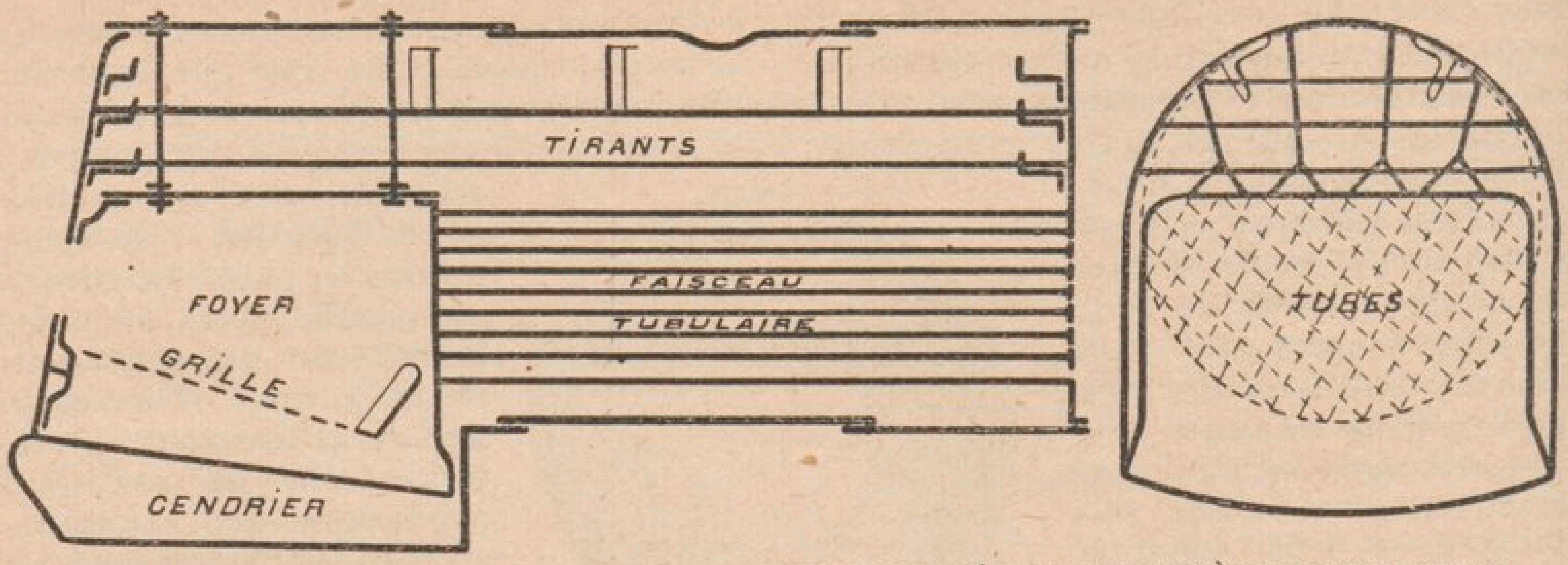
Les produits de la combustion passant dans les tubes échauffent progressivement l'eau qui les entoure.

Terminons ce court exposé en disant que la pression absolue est celle qui règne dans l'intérieur et sur les parois de la chaudière et que la pression effective est égale à la pression absolue diminuée de la pression atmosphérique sur les parois extérieures; on appelle perte de charge la différence qui existe entre le tirage total d'une cheminée et la pression en vertu de laquelle les gaz de la combustion sont expulsés.

Nous allons examiner comment on a réalisé le problème de la circulation dans les tubes des chaudières, lesquelles peuvent se diviser d'abord en deux catégories distinctes, celles dans lesquelles les produits de la combustion passent dans les tubes et échauffent l'eau qui les entoure, celles où, au contraire, les tubes contiennent l'eau à vaporiser et sont enveloppés des produits de la combustion.

Si on met, sans précautions spéciales, sous pression une chaudière à tubes de feu et à grand volume d'eau, les phénomènes d'ébullition que l'on cherche à produire sont accompagnés d'un réchauffage général de la chaudière et de son contenu. On constate une différence de température atteignant parfois 120° entre les couches supérieures et les couches inférieures avec plan de démarcation très net. A la partie inférieure de la chaudière, l'eau ne reçoit qu'une quantité de chaleur très faible. Cette eau, peu chauffée, reste en place et ne circule pas. Cette stagnation n'est pas sans entraîner de graves inconvénients : inégales dilatations des différentes parties de la chaudière, ébullitions saccadées, poches de vapeur ; aussi a-t-on toujours cherché, par des moyens divers et souvent fort ingénieux, à faire circuler l'eau.

M. Normand, du Havre, a été l'un des



COUPE LONGITUDINALE ET COUPE TRANSVERSALE D'UNE CHAUDIÈRE LOCOMOTIVE

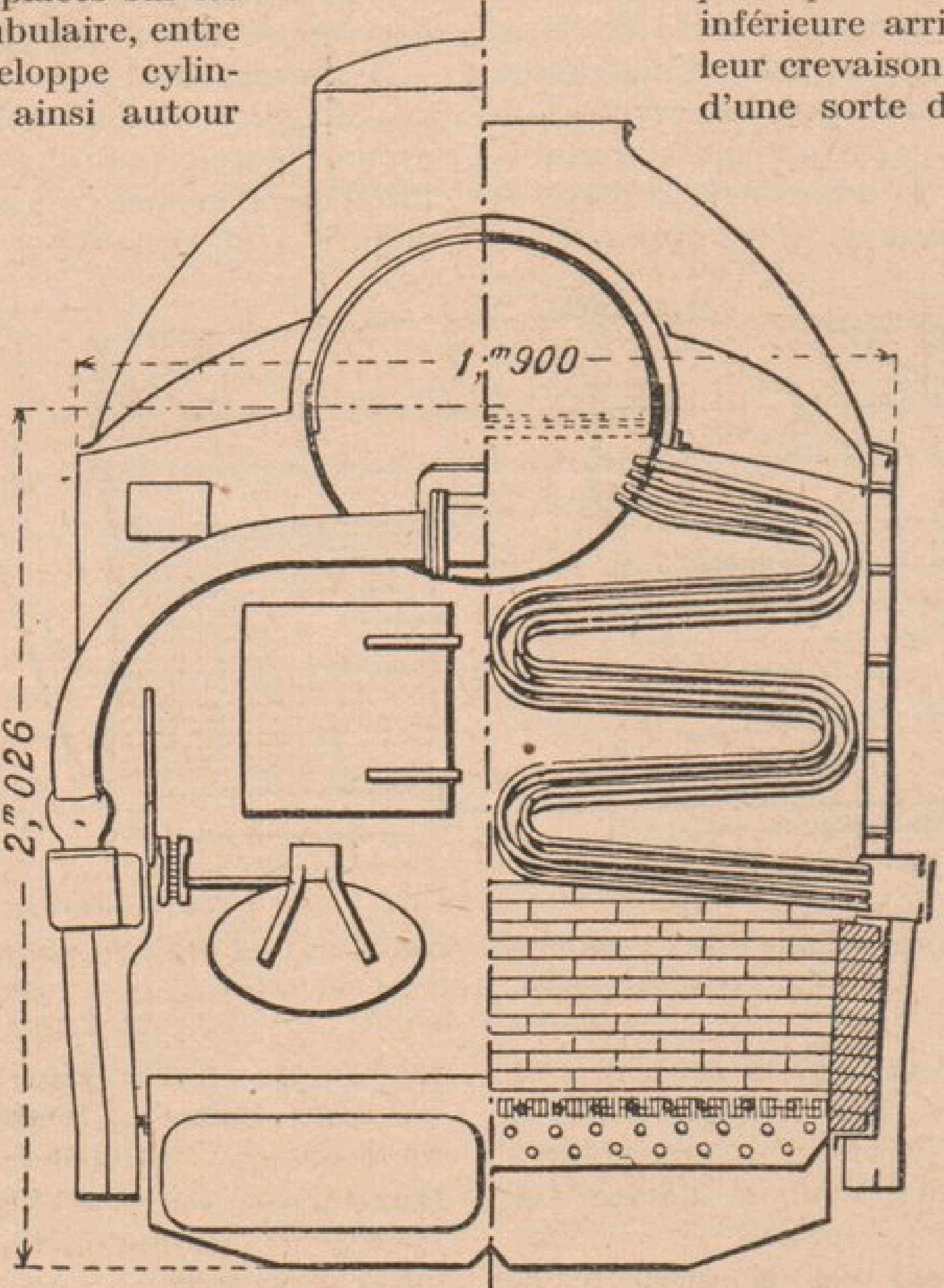
Le foyer est rectangulaire; les tubes seuls sont entourés d'une enveloppe cylindrique.

premiers à produire une circulation logique de l'eau dans les chaudières type locomotive, en divisant en deux parties égales les lames latérales existant entre le foyer et la paroi de la chaudière. Il installait, dans ce but, un écran à peu près vertical, en laiton, maintenu par des entretoises. Des écrans semblables étaient placés sur les côtés du faisceau tubulaire, entre les tubes et l'enveloppe cylindrique. Il régnait ainsi autour des tubes une zone chauffée dans laquelle l'eau s'élevait le long des parois et une zone plus froide par laquelle elle descendait. M. Garnier, Directeur des constructions navales, avait essayé, à l'aide d'une petite turbine, d'aspirer de l'eau au niveau supérieur et de la refouler à la partie inférieure.

La dilatation dont nous avons parlé plus haut est d'environ un millimètre par 100° ; sur des chaudières longues, une différence de température entre les couches inférieures et supérieures peut produire des inégalités de dilatation, sur la longueur des génératrices supérieures et inférieures, de quatre à cinq millimètres ; il en résulte que le métal peut subir des compressions allant jusqu'à 30 kilos par mètre carré, alors que, normalement, il se rompt à 40 kilos. En plus, quand les poches de vapeur qui se forment à la partie inférieure arrivent à la surface, leur crevaison prend le caractère d'une sorte d'explosion et projette dans la vapeur une multitude de particules d'eau qui y restent en suspension.

Si, au contraire, un courant rapide se porte sur les surfaces chauffées par le foyer, il offre aux bulles de vapeur, pour se détendre, l'impulsion supplémentaire nécessaire pour leur ascension et qui eût exigé un accroissement notable de volume.

Considérons un tube d'eau peu incliné, chauffé par en dessous; la vapeur dégagée va s'accumuler sous la génératrice interne supérieure, elle se propage des deux côtés, atteint la



CHAUDIÈRE PRIMITIVE DU « TEMPLE »

Le commandant du Temple *eut d'abord l'aviation en vue ; l'aéroplane vola peu, la chaudière lui a survécu.*

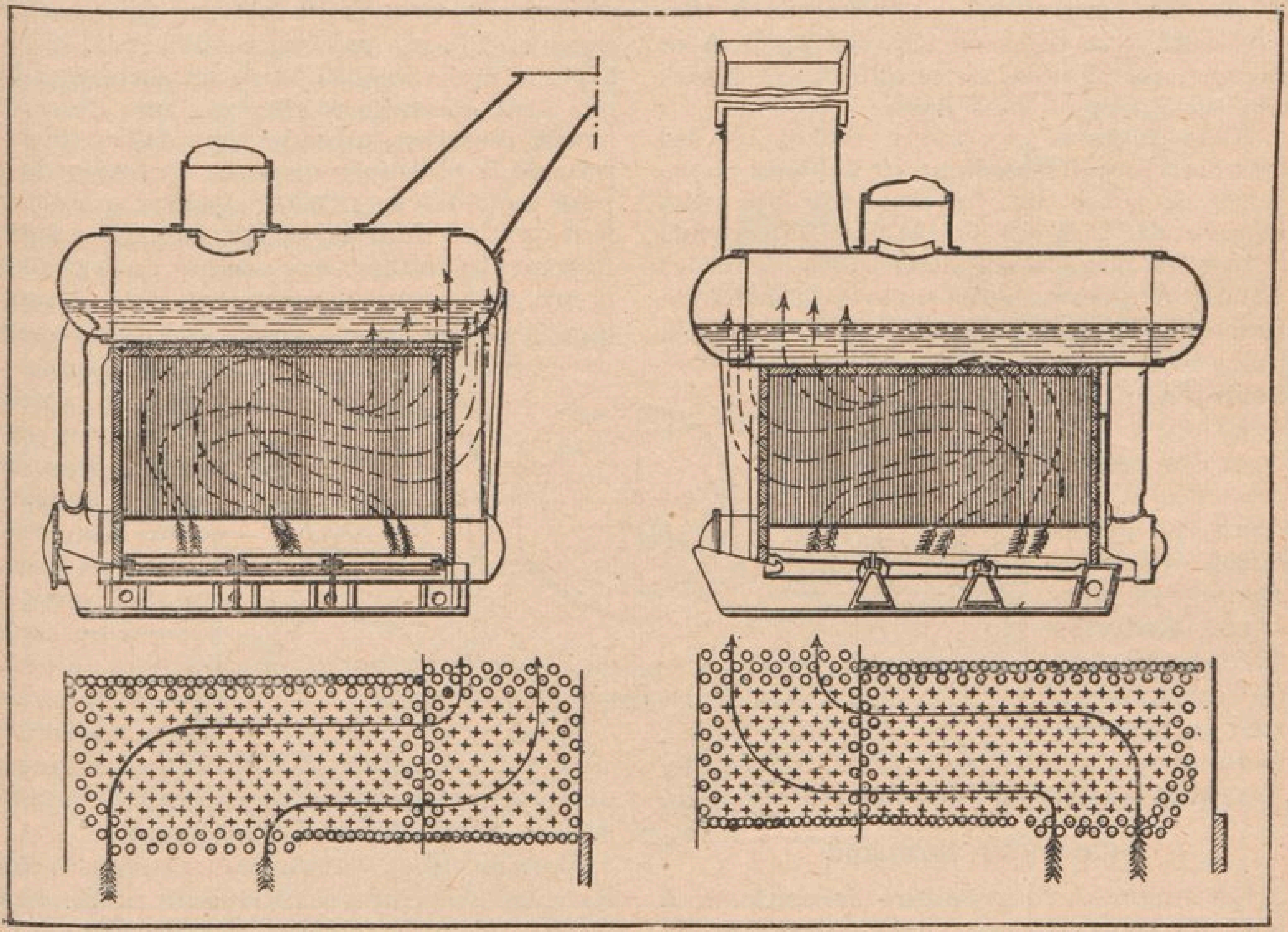
lame d'eau de gauche, crève et se résout en bulles de large diamètre ; mais, comme l'eau de remplacement peut redescendre par le même chemin et faire irruption dans le tube, on voit également des bulles sortir dans la lame d'eau de droite (Consulter les deux figures superposées de la page 166.)

En tout cas, la partie interne supérieure du tube reste constamment privée d'eau ; au contraire, dans le croquis inférieur, l'eau baigne constamment la même partie.

Il faut remarquer que l'eau placée dans la partie inférieure du tube et la vapeur saturée de la partie supérieure ne reçoivent pas les mêmes quantités de chaleur du foyer, et, par suite, n'ont pas la même élévation de température. Celle de l'eau n'est presque pas modifiée, tandis que la vapeur en contact avec le tube se surchauffe, assez parfois pour altérer dans des proportions fâcheuses la nature du métal. La circulation a permis d'augmenter considérablement la production de la vapeur par mètre carré de surface de grille.

L'activité individuelle des tubes dépend beaucoup de la position qu'ils occupent : la température des gaz s'affaiblissant tout le long des surfaces de chauffe suivant une loi qui est fonction de la température des gaz diminuée de la température de l'eau.

La haute activité dans les tubes est, à la fois, une force et une faiblesse, l'eau de remplacement ou d'alimentation que les pompes fournissent est plus ou moins calcaire et les tubes actifs se garnissent rapidement d'un dépôt incrustant qui peut même arriver à les boucher ; le métal ne transmet plus alors que très difficilement la chaleur, l'encaisse, rougit et se déforme parfois. On ne connaît d'ailleurs encore qu'imparfaitement les lois qui régissent l'ébullition de l'eau, les uns, considérant l'eau et la vapeur formée comme un mélange intime se mouvant tout entier sans déplacement des bulles, d'autres, que l'eau, repoussée par le développement des bulles, suit le chemin de moindre résistance en les entraînant avec elle. Au point



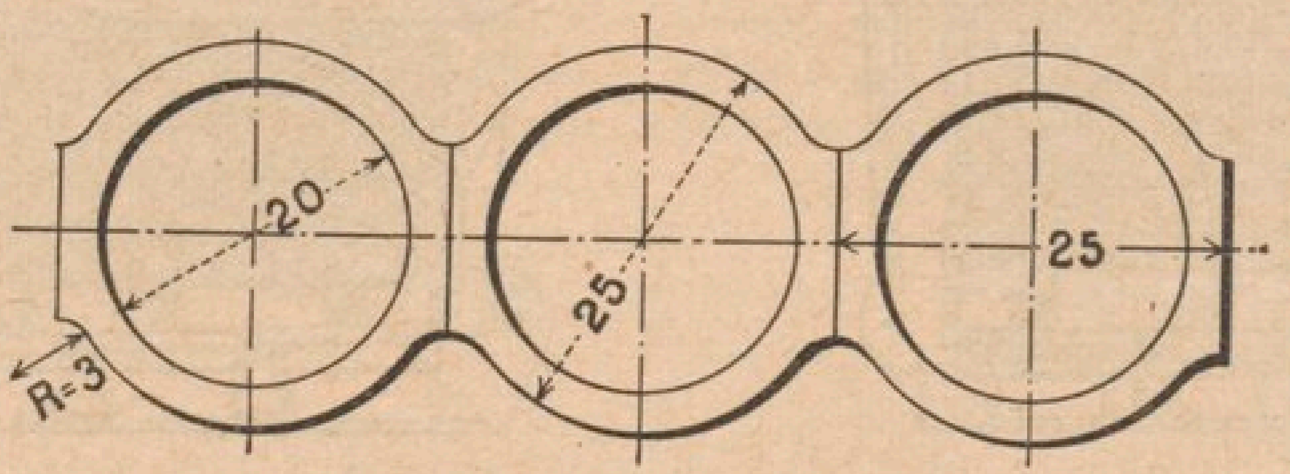
DEUX TYPES DE CHAUDIÈRES CONSTRUITES PAR M. AUGUSTIN NORMAND

Dans la figure de gauche, la cheminée est sur l'arrière; elle est sur l'avant dans celle de droite. Dans la première figure, en haut à gauche et en bas à droite, on voit le mur formé par les tubes jointifs; en bas à gauche et en haut à droite, les tubes cessent d'être jointifs et c'est par cette voie que passent les produits de la combustion. Le dispositif est représenté inversé dans la seconde figure (à droite).

de vue pratique, tout le monde est d'accord sur les points suivants : en canalisant les bulles dès leur formation dans un dégagement approprié, on aide la circulation à se faire dans le sens de ce dégagement. En privant de bulles les retours d'eau verticaux non chauffés et en localisant toutes les bulles dans les tubes chauffés, on favorise le mouvement ascensionnel dans les tubes chauds et le mouvement descendant dans les tubes froids. En plaçant un diaphragme à une extrémité d'un tube, on aide la vapeur à se dégager par l'autre extrémité, celle-ci fût-elle sensiblement plus basse.

Nous donnons aux pages 167 et 168 les croquis sommaires mais précis de deux chaudières à tubes de fumée dont on peut comprendre à simple vue le fonctionnement.

Passons aux chaudières à tubes d'eau des navires de guerre, parce qu'on leur demande plus qu'à toutes autres de la légèreté, de la puissance, de la facilité de manipulation, le tout dans des espaces resserrés, et étudions la circulation dans les chaudières Normand, Belleville et Niclausse, qui, de l'avis général, sont les plus perfectionnées et dont l'usage sur les navires de toutes catégories est universellement répandu.



TUBES SPÉCIAUX POUR LES RANGÉES JOINTIVES DANS LES CHAUDIÈRES SYSTÈME NORMAND

Chaudière Normand

Cet appareil évaporatoire se confond, à part quelques détails secondaires, avec la forme moderne de la chaudière du Temple, la chaudière Guyot du Temple. M. Guyot imagina ce dispositif en 1893, quelques mois avant que M. Normand l'appliquât aux chaudières du torpilleur d'escadre *Aquilon*.

Les modifications les plus importantes apportées à la chaudière primitive, dans laquelle les gaz étaient guidés par des écrans en tôlerie qui s'oxydaient rapidement, consistent à former chaque écran par des rangées longitudinales de tubes spéciaux, que l'on ramène à se toucher à quelques centimètres des collecteurs, comblant les petits triangles vides formés ainsi au moyen de briques de formes convenables ou de bourrages amiantés. Comme les parois internes du fond des foyers et de la façade sont garnies de briques réfractaires, les flammes issues des grilles sont renfermées dans un véritable four aux parois hydrauliques ou réfractaires, où, grâce à des injections d'air supplémentaires, la combustion est poussée aussi loin que possible.

La voûte des tubes est interrompue vers le fond du foyer et des ouvertures y sont ménagées. C'est par là que les courants gazeux s'écoulent et pénètrent dans les deux faisceaux, qu'ils parcourent presque parallèlement aux grilles, jusqu'à la façade. En plus, pour contrarier encore la tendance des gaz à s'élever directement vers la cheminée, on dispose en travers de chaque faisceau un écran en tôle, ajouré largement vers le bas et à peine percé vers le haut, en sorte que les gaz sont conduits à effectuer une descente avant d'arriver aux derniers tubes placés près de la cheminée disposée en forme de Λ pour recueillir les produits gazeux qui circulent dans les deux faisceaux. Les tubes étant fortement chauffés, il se produit dans chacun d'eux un courant ascendant qui déverse dans le collecteur supérieur l'eau et la vapeur qu'ils contiennent, en même temps que se produisent dans les tuyaux de descente des courants plus froids qui reviennent se vaporiser dans les tubes. Le principe de la circulation ainsi réalisée est extrêmement favorable aux échanges de chaleur et permet d'atteindre des vaporisations particulièrement actives.

Dans les tubes verticaux ou presque droits, les dépôts calcaires se produisent moins facilement et leur nettoyage est facilité ; en outre, les extrémités des tubes sont au-dessous du niveau de l'eau dans le collecteur supérieur, ce qui permet de les conserver pleins pendant les périodes d'inactivité et de les préserver de l'oxydation, toujours à redouter.

La surface de grille actuelle, dans les chaudières Normand, est de 8 mètres carrés par corps ; la puissance totale est répartie en vingt corps ; le nombre de tubes vaporisateurs est d'environ 950; le diamètre des tubes étant de 30-36 millimètres, les sections de passage de l'air représentent une fraction à peu près constante de la surface de grille, sauf en ce qui concerne les cheminées un peu plus étroites, 0, 13 de grille au lieu de 0,17.

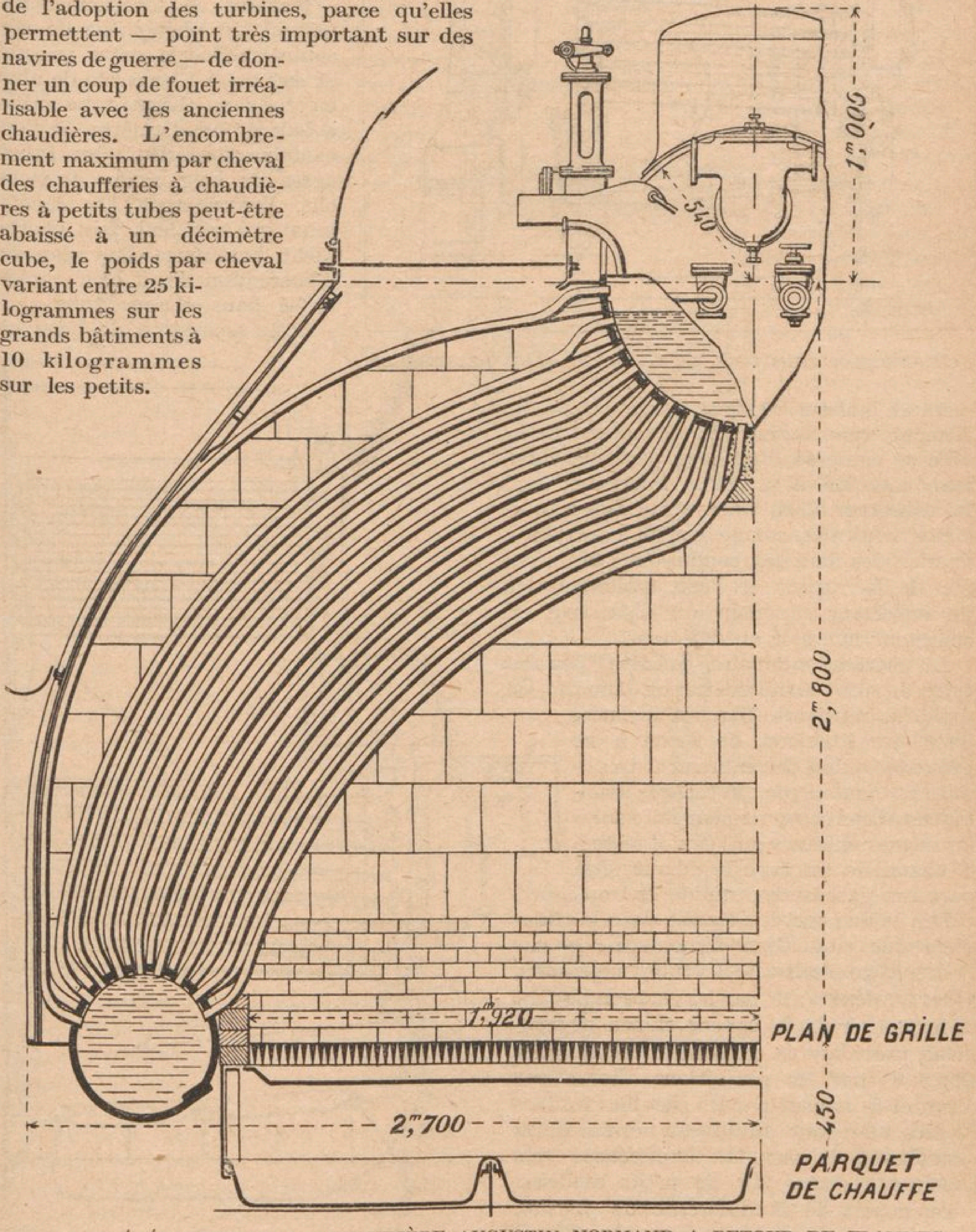
Les caractéristiques des chaudières des cuirassés *Gascogne* et *Normandie* sont les suivantes : nombre de corps, vingt et un ; vaporisation horaire par corps, 155 tonnes ; Σ, surface de chauffe évaporatoire par corps,

320 mètres carrés ; G, surface de grille par corps, 8 mq. 06 ; total : 168 mètres carrés; le rapport $\frac{\Sigma}{G} = 41$; volume d'eau, 4 mc. 379 à 4 mc. 425 ; volume de vapeur 1 mc. 775 ; nombre de tubes 958 exactement.

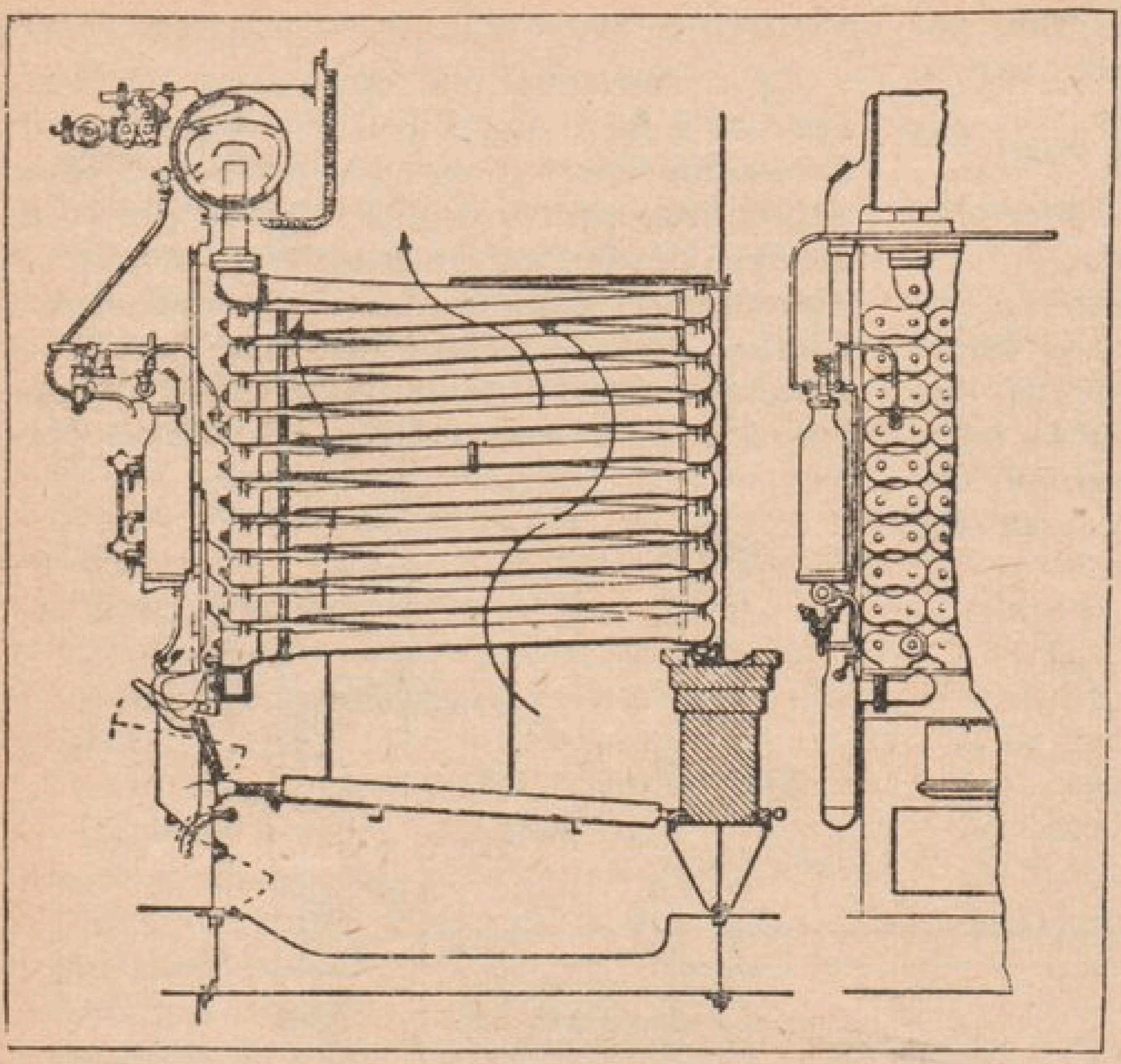
Grâce à la circulation bien établie, on peut mettre en pression en une heure dix minutes environ. Ces chaudières ont été établies pour les cuirassés à la suite de l'adoption des turbines, parce qu'elles permettent — point très important sur des navires de guerre — de donner un coup de fouet irréalisable avec les anciennes chaudières. L'encombrement maximum par cheval des chaufferies à chaudières à petits tubes peut-être abaissé à un décimètre cube, le poids par cheval variant entre 25 kilogrammes sur les grands bâtiments à 10 kilogrammes sur les petits.

Chaudière Belleville à circulation forcée

La recherche d'une circulation accélérée conduit à faire appel tantôt à la légèreté de l'émulsion, c'est le cas des tubes verticaux, tantôt aux principes des inégales pertes de charge. Le mérite des chaudières Belleville est de réunir ces deux formes de circulation sans tomber dans le défaut des tubes droits et nombreux et d'obtenir, pour le circuit, une longueur de 25 à 40 mètres, sans développe-



COUPE-ÉLÉVATION DE LA CHAUDIÈRE AUGUSTIN NORMAND A RETOUR DE FLAMMES



CONCEPTION PRIMITIVE DE LA CHAUDIÈRE BELLEVILLE

faut attribuer cette circulation à la formation presque instantanée dans chaque tube de petites poches de vapeur qui se rassemblent sur les génératrices supérieures des tubes. Les chapelets ainsi formés, se mettant très rapidement en marche, provoquent un mouvement général qui ne s'arrête plus.

Pendant le fonctionnement normal, le phénomène de décantation locale entre vapeur et eau mère s'accentue de plus en plus dans chaque tube grâce à leur grand diamètre. Si l'on examine l'intérieur des tubes après un long régime de marche, l'on aperçoit des dépôts gras qui révèlent très clairement l'existence d'un plan de démarcation d'eau bien caractérisé dans chaque tube.

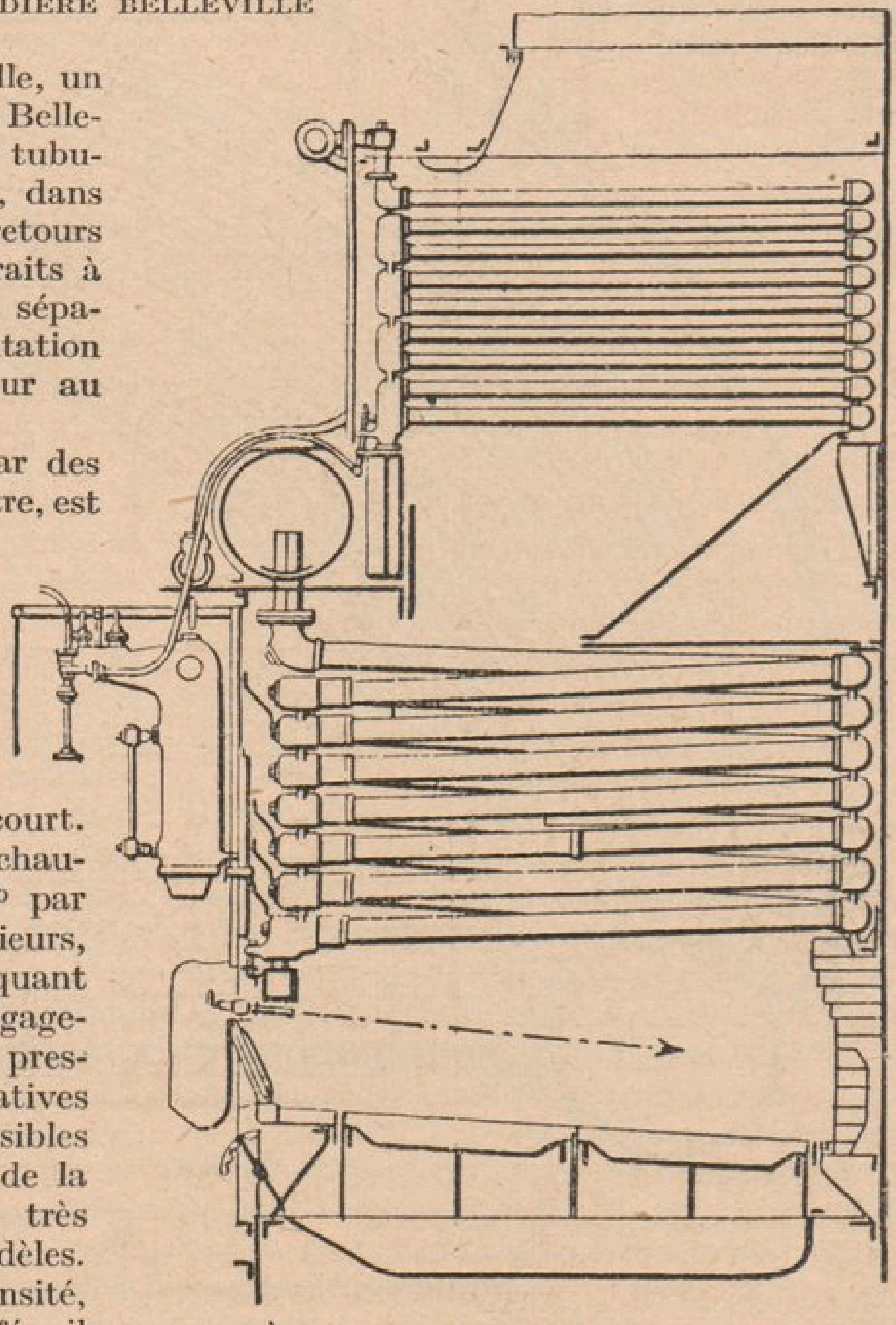
Cette séparation de l'eau et

ment en hauteur. Dans sa forme usuelle, un élément vaporisateur de chaudière Belleville se compose d'un long parcours tubulaire enraciné, à sa partie inférieure, dans un collecteur d'eau transversal. Des retours d'eau verticaux, complètement soustraits à l'action des flammes, conduisent l'eau séparée de la vapeur et l'eau d'alimentation du collecteur supérieur ou séparateur au collecteur inférieur ou déjecteur.

Le parcours tubulaire, constitué par des tubes de 80 à 100 millimètres de diamètre, est replié en plusieurs fourches inclinées de 3° sur l'horizon, de façon à ne présenter qu'un encombrement très limité en hauteur, ce qui est très avantageux. Comme on ne peut faire subir les mêmes chicanes aux gaz, il reste à la chaudière du type le défaut d'un parcours gazeux trop rapide et trop court.

Dès l'allumage, il s'établit dans la chaudière une circulation démontrée : 1° par l'absence de surchauffe des tubes supérieurs, vides au départ ; 2° par les chocs indiquant la formation de la vapeur et son dégagement, précédant la production de la pression ; 3° par les projections alternatives d'eau et de vapeur par les chevilles fusibles placées au-dessus du niveau normal de la chaudière ; 4° par les expériences très concluantes faites sur de petits modèles.

En dehors de la différence de densité, entre l'eau des retours et l'eau chauffée, il



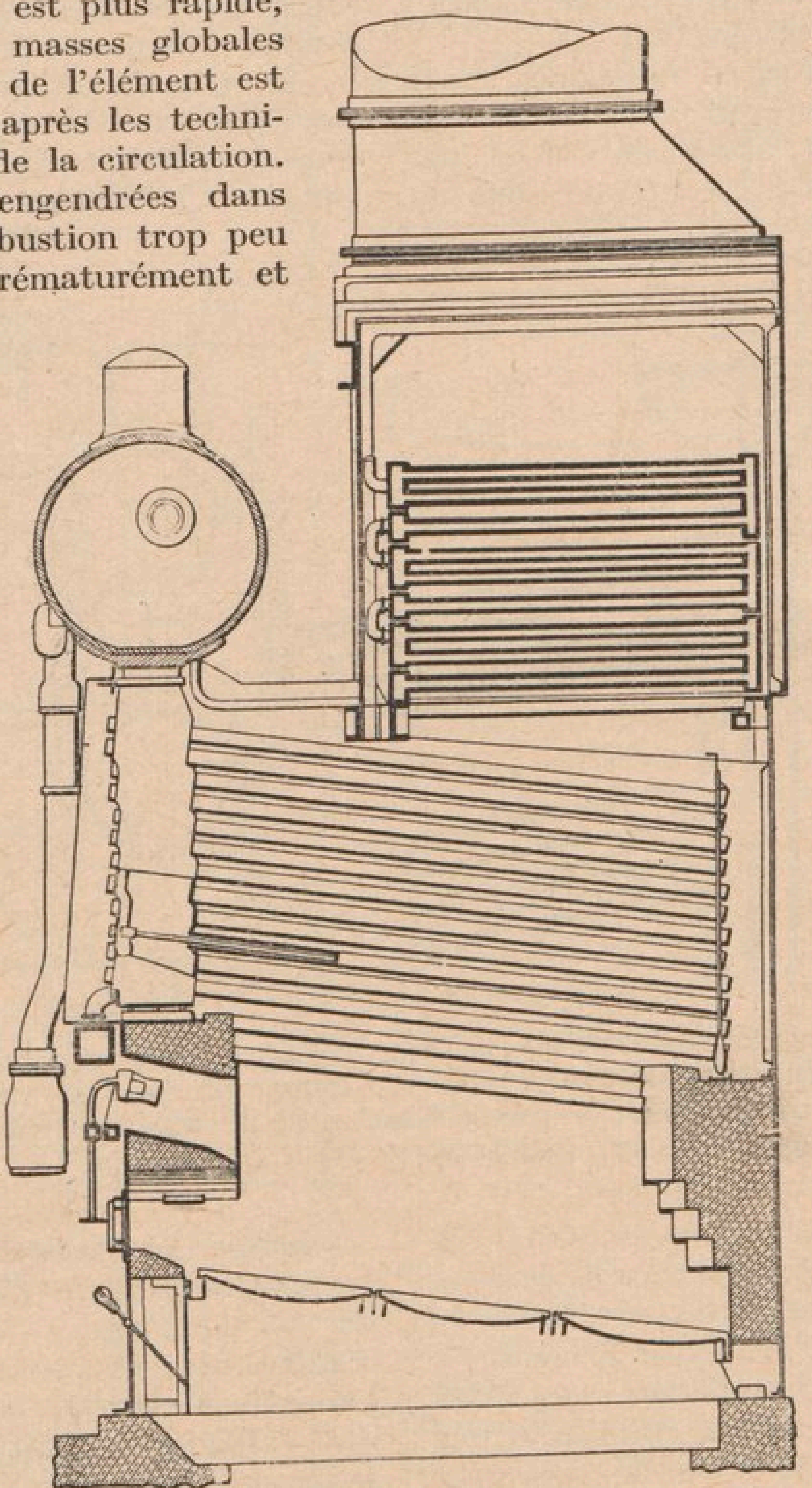
CHAUDIÈRE BELLEVILLE DU TYPE MODERNE

de la vapeur montre que l'émulsion est constamment en voie de décantation. La vapeur, en progressant vers le haut, entraîne le liquide générateur, mais les deux fluides circulent avec des vitesses différentes, d'où le nom de circulation forcée incomplète. La masse totale du fluide est d'autant plus faible dans un tube que ce tube est plus élevé dans l'élément, parce que la progression de la vapeur est plus rapide, et cette inégalité des masses globales vers le haut et le bas de l'élément est la meilleure preuve, d'après les techniciens, de la stabilité de la circulation.

Mais les flammes engendrées dans une chambre de combustion trop peu élevée s'éteignaient prématurément et se rallumaient à la sortie, faisant rougir les cheminées, ce qui a conduit à réduire de 11 à 7 le nombre des éléments, et, dans l'espace ainsi gagné, on a installé une véritable seconde chaudière, devenant réchauffeur d'alimentation par les fumées, et appelée économiseur. Entre ces deux chaudières, bien distinctes, on injecte de l'air sous pression pour compléter efficacement la combustion.

L'adoption des turbines à vapeur pour la propulsion, sur les grands navires, les pointes considérables dont sont susceptibles ces appareils moteurs ont obligé les constructeurs à étudier des types de chaudières pouvant réaliser les mêmes à-coups, et les chaudières à petits tubes se sont imposées : les anciennes chaudières ne pouvant dépasser les combustions de 180 kilos par mètre carré de grille.

Les chaudières Belleville du type 1912 diffèrent des chaudières du *Jean-Bart* et de la *Lorraine* par les modifications qui suivent :



COUPE VERTICALE DE LA CHAUDIÈRE NICLAUSSE

L'ensemble du faisceau tubulaire est divisé en deux parties: le faisceau inférieur et le faisceau supérieur, comme le montre la figure.

1° Chaque élément, type *Jean-Bart* et *Lorraine*, est constitué par un serpentin unique, allant du collecteur d'alimentation au collecteur séparateur ; dans le nouveau générateur Belleville, chaque élément est décomposé en deux serpentins parallèles ;

2° Les tubes de 115 millimètres (diamètre extérieur) sont très avantageusement remplacés par des tubes de 82 millimètres ;

3° Au lieu de douze éléments simples de 115 millimètres, la nouvelle chaudière comporte seize éléments doubles de chacun 82 millimètres ;

4° La pente de 40 millimètres par mètre des premiers a été remplacée par une pente plus accentuée de 53 mm. 9 par mètre, par suite du dédoublement de chaque élément en deux autres ;

5° Pour un encombrement à peu près identique, la surface de chauffe atteint 291 mq. 03 au lieu de 235 mq. 61.

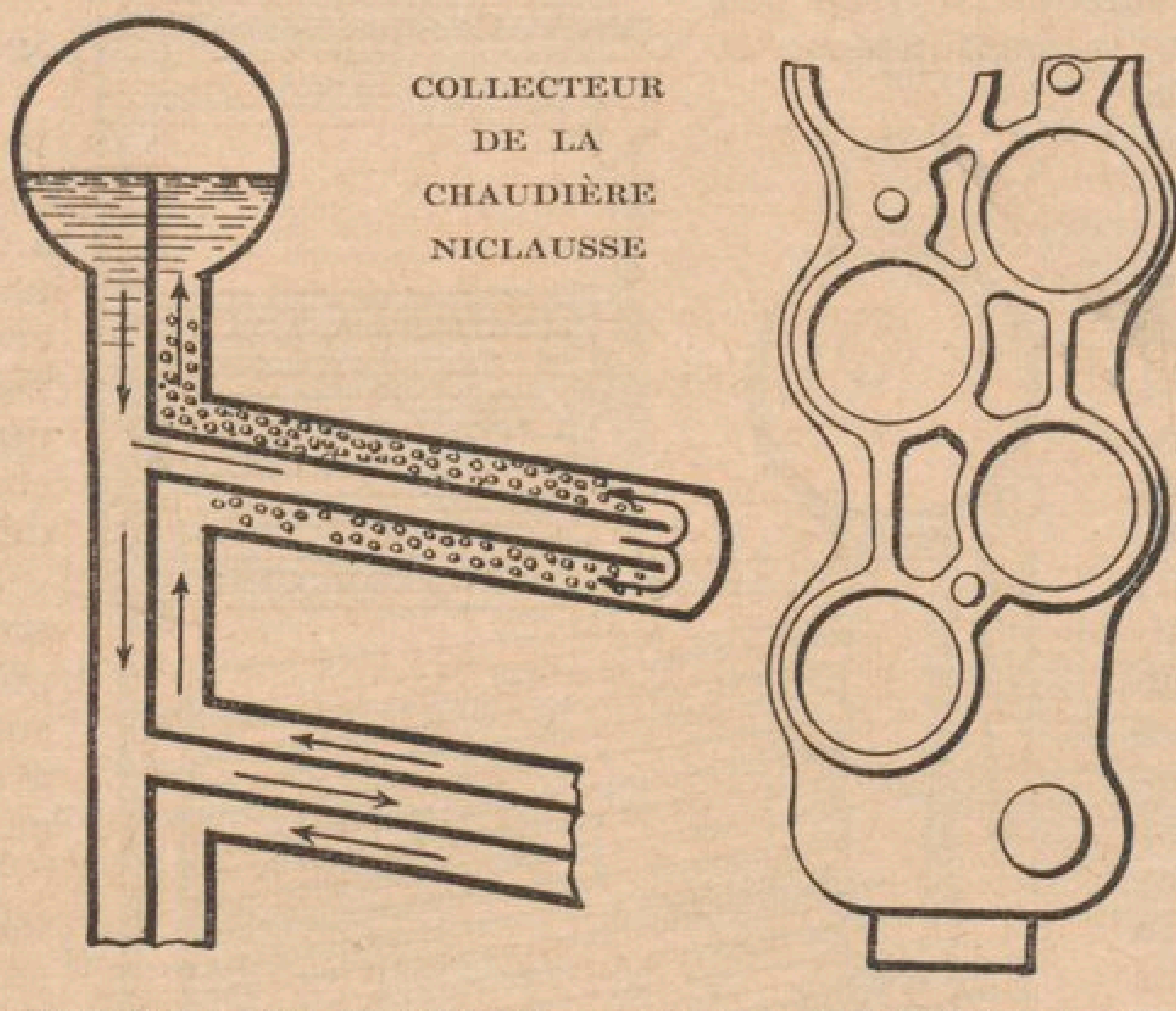
Il y a donc, à la fois, par rapport aux générateurs du *Jean-Bart* et de la *Lorraine*, plus de surface de chauffe, 23,5 % en plus pour une surface de grille équivalente, 7 mq. 25 au lieu de 7 mq. 45, une section totale de passage d'air accrue d'un tiers et un parcours tubulaire réduit de 28,3 % avec accroissement de la pente des tubes. Ces heureuses modifications ont donné à la chaudière Belleville actuelle une puissance de chauffe très remarquable.

Chaudières Niclausse

L'inventeur du tube à circulation libre à deux lames d'eau concentriques est M. Collet;

les chaudières Niclausse, où on a appliqué et perfectionné ce système dans la période de leur emploi jusqu'au *Courbet*, ont eu des rougissements de tubes inférieurs, le remplacement de l'eau n'étant pas assez régulier ; de plus, la température des fumées était très élevée. Aussi les efforts des constructeurs se sont-ils très heureusement portés sur la régularité de l'alimentation des tubes et une meilleure utilisation des calories dégagées par la combustion.

Les tubes verticaux en quinconce, pour forcer les gaz à suivre un parcours sinueux dans leur ascension, aboutissent deux par deux à une lame d'eau contenue dans un récipient rectangulaire et constituent un élément. Chaque élément est séparé de l'élément voisin par une lame d'eau; chaque élément possède son collecteur particulier. Il est facile de se rendre compte du fonctionnement du système : les tubes inférieurs, dits directeurs, amènent l'eau de la partie antérieure du collecteur vertical; cette eau entre dans le second tube, dit vaporisateur, où elle est soumise à l'action des flammes. La vapeur, mélangée d'eau, provenant de la combustion se rend par la partie postérieure du collecteur vertical au collecteur général.



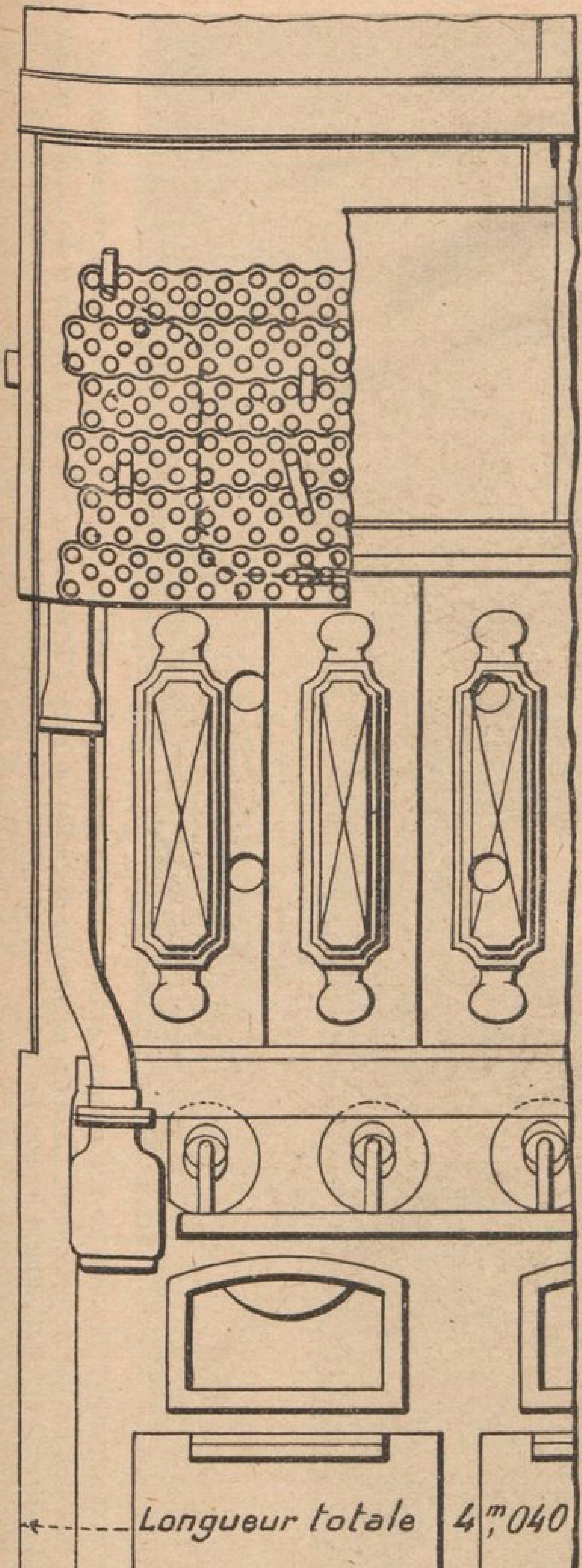
Ce collecteur est divisé en deux parties ; de la partie gauche l'eau d'alimentation se rend dans le tube directeur et l'eau et la vapeur produite par réchauffement du tube vaporisateur montent dans la partie droite du collecteur.

Des retours d'eau extérieurs, aux deux extrémités de chaque corps, établissent une communication directe entre le collecteur général et un réservoir transversal inférieur dénommé collecteur d'alimentation du faisceau inférieur et en communication avec la partie inférieure de chaque élément.

L'ensemble du faisceau tubulaire est donc divisé en deux parties : le faisceau inférieur, composé de trois rangées de tubes, dits de coups de feu et plus épais que les autres, et le faisceau supérieur. Cette division est obtenue au moyen d'une cloison horizontale limitant, dans chaque collecteur vertical, la lame d'eau avant par laquelle descend l'eau plus froide du collecteur général qui doit fournir d'eau les autres rangées de tubes, moins les trois dernières. Il existe cependant, sur la *Bretagne*, quatre collecteurs allant directement du collecteur général au collecteur transversal, mais, au lieu de prendre leur eau dans la partie de ce collecteur où se rend l'eau d'alimentation, ils la prennent dans la partie du collecteur où se rendent l'eau et la vapeur provenant des tubes vaporisateurs.

On a prétendu que ces tubes directs devaient jouer le rôle d'économiseurs, mais leur action n'est pas, en tout cas, suffisante, puisque la maison Niclausse a installé, comme la maison Belleville, une seconde chaudière dite réchauffeur, dont les tubes sont horizontaux (Fig. à la page suivante).

Nous avons fait de nombreux emprunts à l'excellent travail de M. l'Ingénieur de la Marine Bommelaer sur les chaudières marines. Avant la guerre, la question des gros tubes et des petits tubes s'est posée dans la Marine avec une acuité invraisemblable. Les deux croiseurs de 1re classe, le *Montcalm* et le *Châteaurenault*, que je devais commander en Extrême-Orient, avaient des chaudières à petits tubes, et l'amiral Malarmé, président du conseil des travaux, m'avait dit au moment où je prenais congé de lui : « Surtout, revenez-nous avec une opinion ferme sur vos chaudières ! » Il y avait, en particulier, pour le genre de chaudières que j'allais étudier, une question d'encrassement des tubes des appareils Sigaudy-Normand après une longue marche. Pour en avoir le cœur net, je demandai à l'amiral de Jonquières, dont j'étais le capitaine de pavillon, de faire l'essai réglementaire annuel aux neuf dixièmes de la puissance, après une marche de quarante-huit heures à 18 nœuds.



LA SECONDE CHAUDIÈRE NICLAUSSE

Cette chaudière utilise les gaz chauds provenant de la première et sert à réchauffer l'eau d'alimentation. (Se reporter à la figure de la page 173.) On obtient ainsi une importante réduction de la consommation de combustible solide ou liquide.

Le brave *Châteaurenault* donna le même nombre de tours qu'aux essais de recette. Ses chaudières n'étaient pas parfaites, mais elles étaient d'une souplesse incomparable et me donnèrent toute satisfaction. Je fis donc un rapport très favorable sur les chaudières à petits tubes, qui étaient attaquées dans beaucoup de publications ; ce rapport disparut, d'ailleurs, du ministère, ne fut jamais cité nulle part, et, le jour où se réunit la grande commission chargée d'opter soit pour les gros tubes, soit pour les petits, le directeur des constructions navales, M. Dudebout, fut obligé de me télégraphier à Brest, où j'étais en résidence, pour me demander si j'avais encore les éléments de mon rapport, que je lui expédiai par dépêche le soir même.

On retrouve dans les marines étrangères les mêmes incertitudes qu'en France en ce qui concerne l'emploi de chaudières à gros tubes ou de générateurs à petits éléments.

Si l'on consulte le « Fighting Ships », de Jane, on constate que parmi les superdreadnoughts des dernières classes mises en service dans la flotte anglaise, *Queen Elizabeth*, *Renown*, *Royal Sovereign*, un certain nombre de navires sont munis de chaudières Yarrow, notamment le *Warspite*, le *Royal Oak*, etc., qui ont fait un excellent service pendant la guerre. Les autres unités de ces classes, dont le déplacement varie de 25.750 à 28.000 tonnes, sont pourvues d'appareils évaporatoire Babcock à tubes moyens.

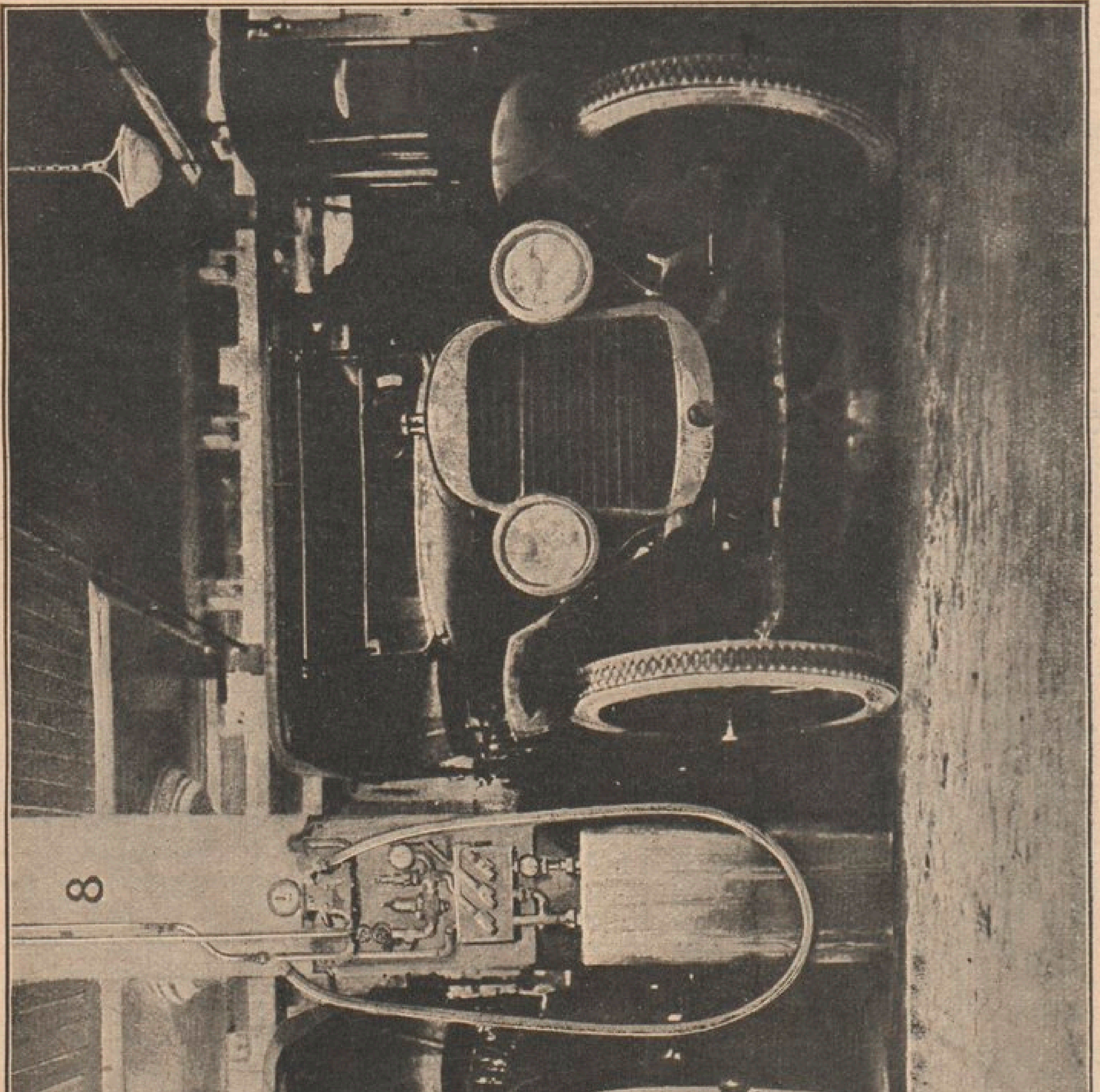
La plupart des croiseurs légers et des conducteurs de flottille anglais sont munis de chaudières à petits tubes White-Foster ou Yarrow, brûlant de la houille ou du pétrole.

Dans ces conditions, la majorité doit appartenir, en Angleterre, aux chaudières à petits tubes, car les croiseurs de bataille de 28 nœuds tels que le *Lion*, la *Princess Royal* (coulés à la bataille du Jutland), l'*Inflexible*, ont également des chaudières Yarrow.

On remarque, de plus, dans l'annuaire de Jane, que tous les croiseurs légers des classes *Calliope*, *Arethusa*, *Chatham*, *Weymouth*, *Bristol*, *Boadicea*, au nombre de 38, y compris les croiseurs australiens, ont tous les chaudières du type Yarrow, dont la majorité à petits tubes. Il en est de même pour un très grand nombre de bâtiments de tous tonnages construits par nos alliés et de la plupart des grands navires modernes de la flotte allemande, qui étaient munis de chaudières Schulz-Thornycroft à petits éléments.

La guerre a donc pleinement justifié mon opinion : les chaudières à gros tubes l'ont moins bien supportée que les autres.

Ct A. Poidloué.



CE GARAGE ÉTANT ENTIÈREMENT CONSTRUIT EN BÉTON, ACIER ET MAÇONNERIE EST, PAR SA NATURE, PRATIQUEMENT INCOMBUSTIBLE

Il n'en est pas moins doté d'un arsenal de précautions spéciales, au nombre desquelles on compte de nombreux extincteurs aériens et des cloisons isolantes ignifugées qui se ferment automatiquement lorsque, par suite d'une dangereuse élévation de la température, des attaches fusibles les libèrent.

UN GARAGE QUE L'AUTOMOBILISTE AIMERAIT TROUVER A SA PORTE

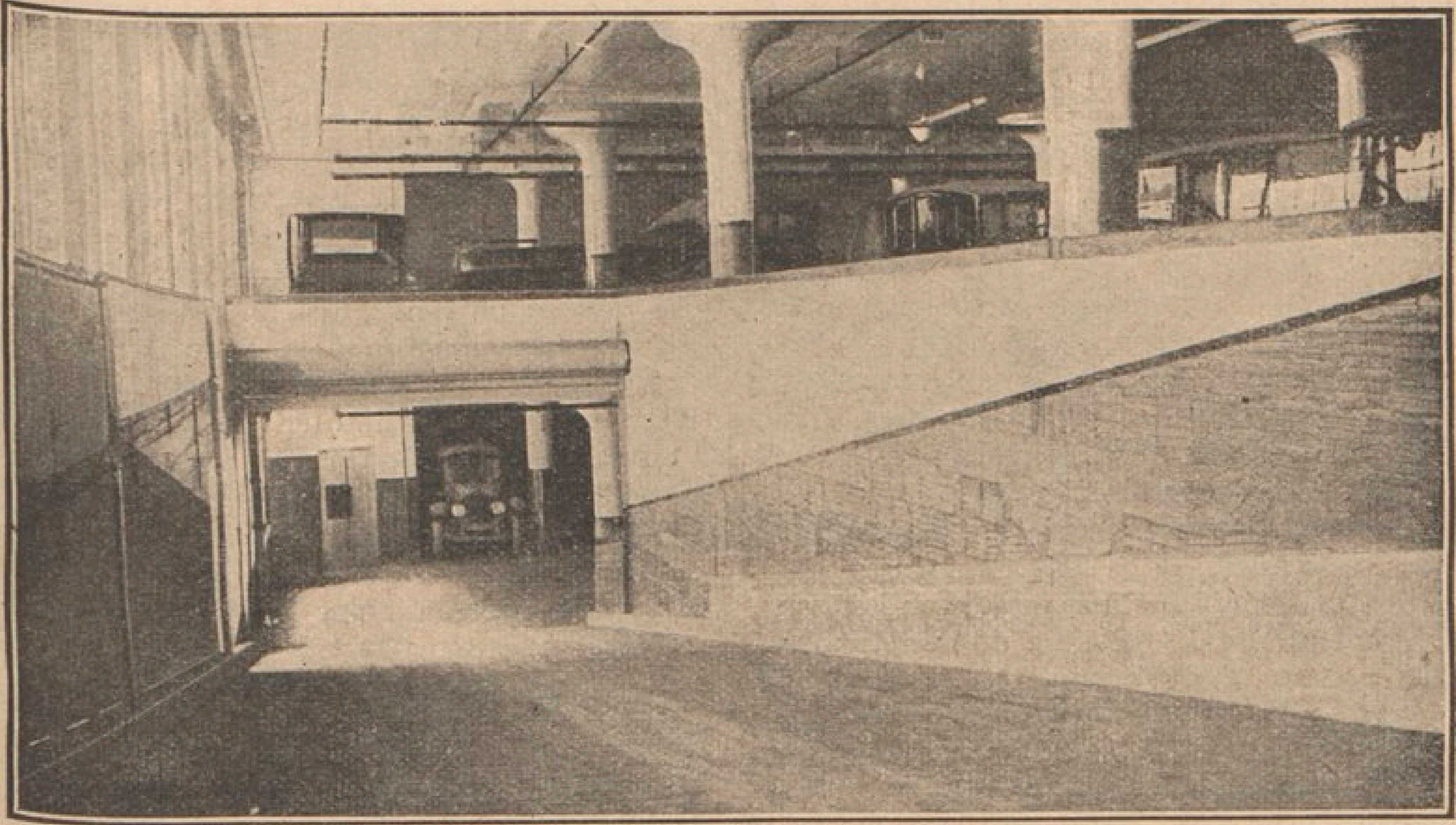
Par Frédéric MATTON

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

On vient d'ouvrir à New-York, annonce notre confrère *The Scientific American*, un garage qui peut recevoir six cents automobiles. Ce garage est évidemment intéressant par ses dimensions, mais il l'est bien davantage par les nombreuses améliorations pratiques qu'il comporte, tant à l'avantage des clients qu'à celui des propriétaires et employés de l'établissement.

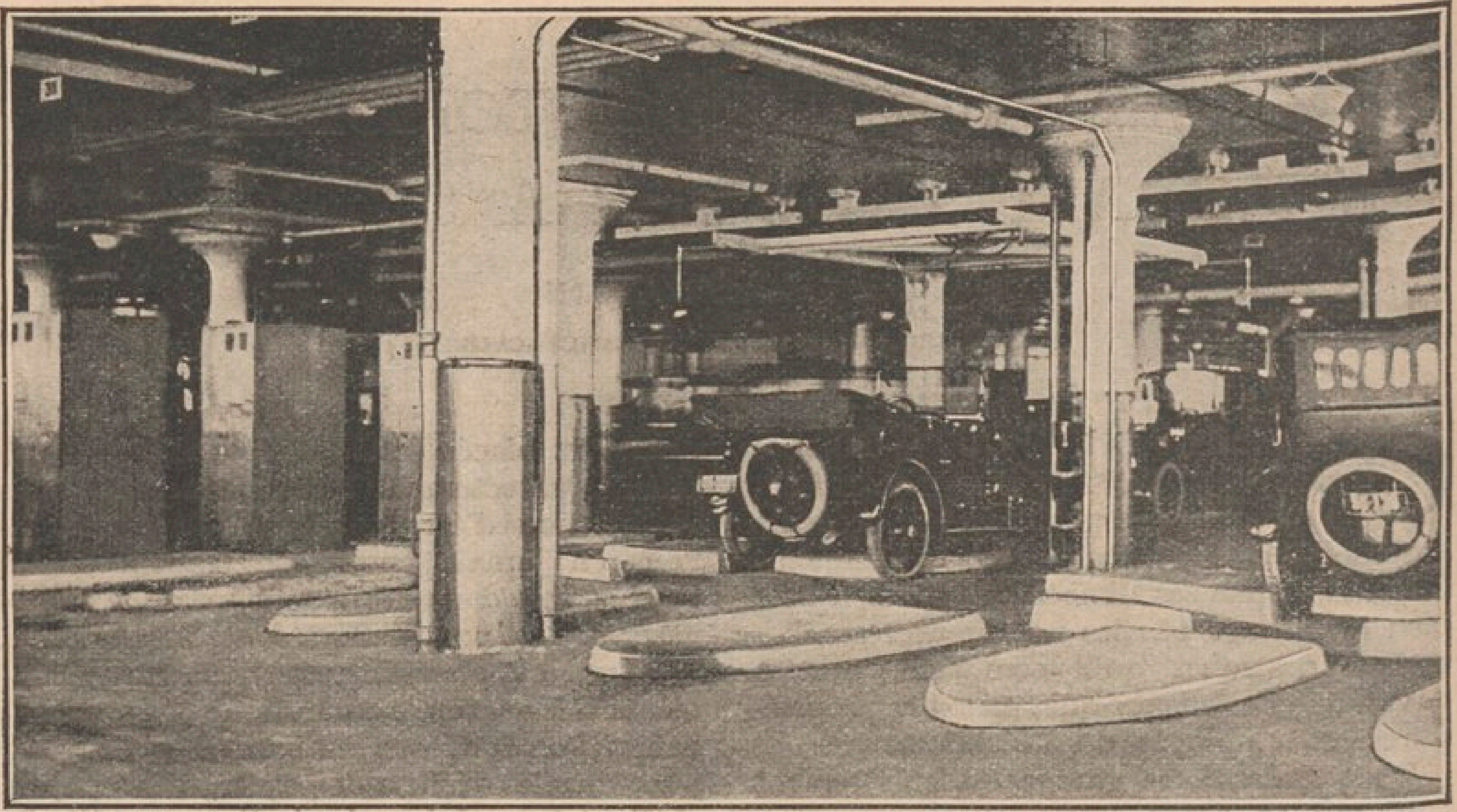
Tout d'abord, ce garage est entièrement construit en béton, acier et maçonnerie ; c'est dire qu'il est, par sa nature même, incombustible, ce qui n'a pas empêché de le doter des moyens propres à combattre un incendie. Il possède, à cet effet, un réseau aérien d'extincteurs, des portes isolantes incombustibles qui se ferment automatiquement lorsque des attaches fusibles cèdent sous l'effet d'une brusque et sensible élévation de température, etc... D'autre part, l'essence est emmagasinée dans de grands réservoirs placés dans le sous-sol ; elle est refoulée directement aux voitures par une distribution d'air comprimé, de sorte que l'on n'a jamais besoin de transporter le combustible dans des bidons, ni de le transvaser. Enfin, pour parer à toute imprudence, le garage est abondamment pourvu de récipients à fermeture automatique et étanche à l'air où l'on doit, sous une surveillance sévère, jeter tous les déchets de papier, d'étoupe, de chiffon, etc., qui, imprégnés d'essence, d'huile ou de graisse, sont une cause de danger.

Après avoir, par toutes ces précautions, réduit le risque d'incendie à son minimum, les architectes du garage se sont appliqués à résoudre cet autre important problème de l'accès et de la sortie aisés et rapides des véhicules. L'emploi d'ascenseurs fut, on le sait, un grand progrès dans l'exploitation des garages, dont il permit de multiplier considérablement la capacité. Comme tous les pro-



ON ACCÈDE AUX QUATRE ÉTAGES DE L'ÉTABLISSEMENT PAR DE LARGES RAMPES

Ces rampes, en béton armé, évitent, aux heures d'affluence, la confusion qui se manifeste dans les garages, aux abords des monte-charges. Elles permettent à deux voitures de se croiser sans gêne.



CHAQUE VOITURE DISPOSE, DANS LE GARAGE, D'UNE PLACE ATTITRÉE ET NUMÉROTÉE

Cela évite toute contestation et perte de temps. Chaque place est limitée, en avant et sur les côtés, par des plaques et bornes en ciment qui obligent le conducteur à se mettre à l'alignement.

grès, cependant, celui-ci n'a pas eu que des avantages. Si nombreux et si spacieux que soient, en effet, les monte-charges, ils ne peuvent empêcher, surtout le matin et le soir, une certaine confusion. Tout le monde est pressé et veut partir ou rentrer à la fois ; chacun cherche à devancer son voisin, et c'est alors le désordre, accompagné de vociférations et... de pas mal de collisions dont les voitures ne sortent pas toujours indemnes.

Dans le nouveau garage de New-York, les ascenseurs sont remplacés par un système de rampes qui, à partir de la porte principale, dessert les quatre étages. Ces rampes, en béton armé, montent directement jusqu'au troisième, puis, tournant à angle droit, gagnent le quatrième. Elles sont assez larges pour accommoder deux voitures de front, mais pour empêcher les conducteurs trop pressés de chercher à se dépasser dans le même sens, pour les contraindre même à tenir leur droite, elles sont faites, dans leur largeur, de deux plans légèrement inclinés qui, en se joignant, forment une arête centrale de démarcation. Bien que ces rampes occupent nécessairement plus de place que plusieurs cages d'ascenseurs, elles permettent une grande économie d'exploitation, leur entretien étant, on le conçoit, infiniment moins coûteux que celui — auquel s'ajoutent les frais de fonctionnement — des monte-charges. Quant aux clients, il est évident qu'ils y gagnent à tous points de vue et surtout en rapidité d'accès et de sortie de leurs voitures, pour ne pas parler des risques, très sensiblement moindres, d'accidents.

Un service d'autobus a été institué par les propriétaires du garage en question pour relier ce dernier à la plus proche station du chemin de fer souterrain. Ainsi, après avoir remisé sa voiture, l'automobiliste n'a plus à regagner le démocratique *Subway* à pied pour rentrer à son domicile. Si le client est satisfait, les propriétaires du garage ne le sont pas moins, car leur intelligente innovation augmente sensiblement le rayon dans lequel ils peuvent recruter leur clientèle.

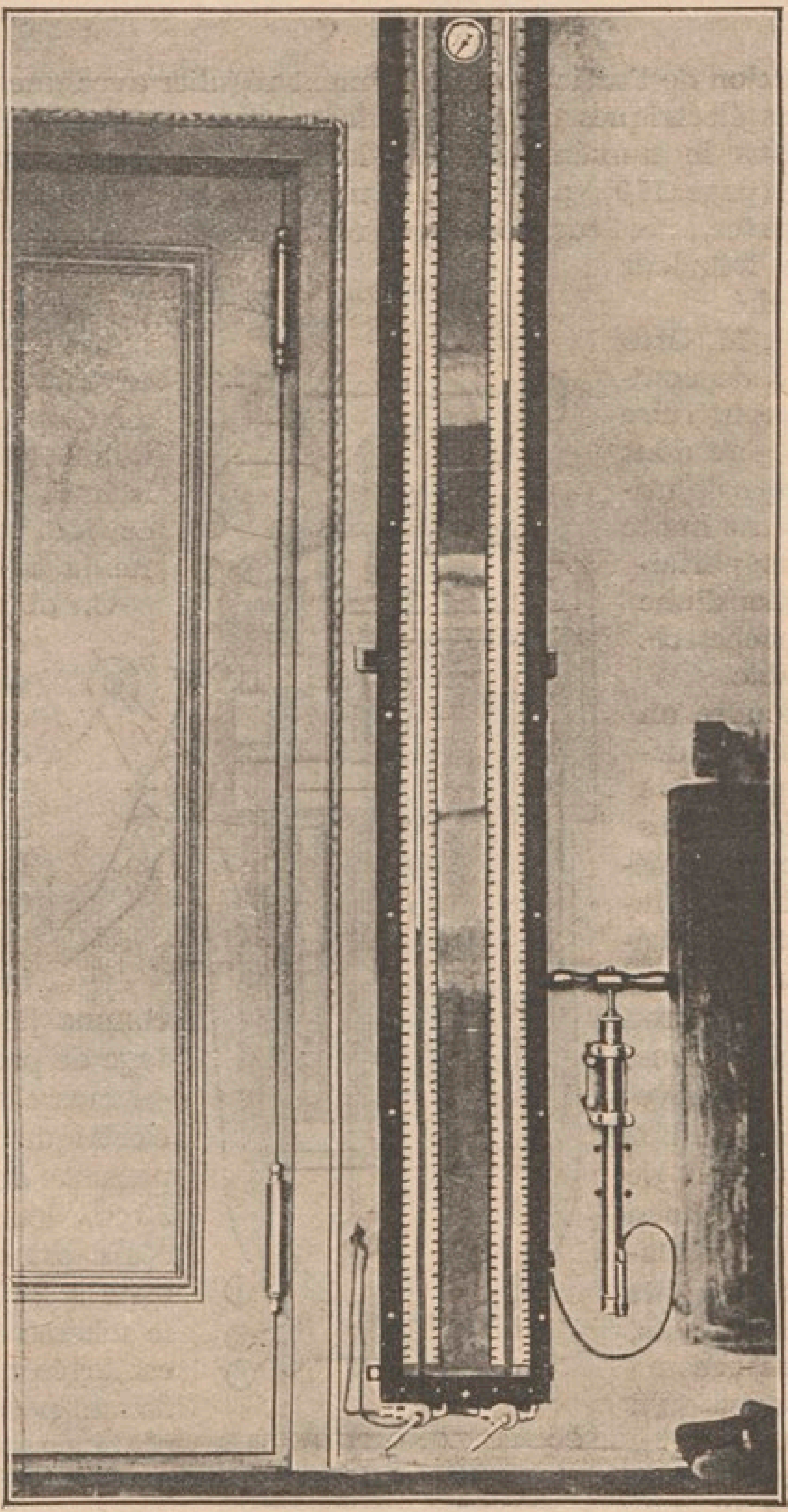
D'autres particularités font de ce garage un établissement modèle ; nous citerons, entre autres, un système de signaux électriques au moyen desquels le numéro de la voiture demandée au bureau apparaît immédiatement en chiffres lumineux, simultanément à tous les étages ; en même temps une sonnerie retentit, qui attire l'attention des chauffeurs présents sur les tableaux indicateurs. N'est-ce pas très ingénieux ?

Les mouvements de toutes les voitures qui entrent et sortent sont soigneusement notés. Un surveillant spécial se tient, à cet effet, en permanence à la porte principale et établit des fiches qui sont, de temps à autre, envoyées aux clients pour leur permettre de vérifier si messieurs les chauffeurs n'effectuent pas, pour leur propre compte, des

sorties intéressées ou simplement d'agrément.

Pour éviter les discussions, les encombrements et les accidents qui souvent résultent de l'entassement d'un trop grand nombre de voitures dans les garages, l'écartement des travées, dans le nouvel établissement, a été calculé de manière à loger trois voitures entre deux piliers consécutifs et, bien que chacune d'elles dispose d'un espace un peu plus grand que celui qui lui est nécessaire, il est absolument impossible d'admettre un quatrième véhicule dans une même travée. D'autre part, chaque voiture a sa place attitrée et numérotée, ce qui évite toute contestation et facilite beaucoup la circulation dans le garage. Chaque emplacement est, en outre, limité sur les côtés par des guides en ciment et, en avant, par un renflement du plancher (en ciment également) qui oblige le conducteur à se mettre à l'alignement des autres voitures et empêche les roues avant de déborder dans l'allée centrale.

Chaque client dispose, près de l'emplacement de sa voiture, d'un casier fermant à clef pour y loger outils, rechanges, pièces détachées, vêtements de travail, etc...



L'UN DES INDICATEURS DE NIVEAU D'ESSENCE INSTALLÉS DANS LES BUREAUX DU GARAGE

Plusieurs pompes à essence sont installées à chaque étage. L'air comprimé qui assure la distribution du combustible sert également à gonfler les pneumatiques ; à cet effet, de nombreuses prises d'air, avec tuyautages appropriés, sont à la disposition des conducteurs. Bien entendu, chaque étage possède aussi un certain nombre de prises d'eau.

Une caractéristique absolument nouvelle du nouveau garage réside dans ce fait que le lavage des voitures, au lieu de se faire à un endroit déterminé, est accompli en n'importe quel point de l'allée centrale et toujours en face de l'emplacement du véhicule à laver. Pour obtenir ce résultat, qui concourt grandement à faciliter la circulation dans le garage et à réduire toutes les manœuvres inutiles, deux rails courent sur toute la longueur du plafond de l'allée centrale ; à ces rails sont suspendus plusieurs châssis mobiles que l'on déplace à la demande ; chacun d'eux porte des lances que l'on relie aux prises d'eau, chaude ou froide, par des tuyautages souples, des projecteurs électriques pour éclairer le travail, et des tuyaux qui permettent, en utilisant les prises d'air comprimé, de nettoyer par le vide l'intérieur des voitures.

Dans le bureau du garage sont installés des instruments qui, par la montée d'une colonne liquide dans un long tube de verre, sous l'effet de la pression d'air dans les réservoirs, indiquent à tout moment le niveau du combustible dans chacun de ces derniers.

Ce garage moderne s'agrémente d'un restaurant, d'un fumoir, d'une bibliothèque, d'une salle de jeux, d'un salon de coiffure, de bains-douches et d'une piscine, le tout à l'usage des chauffeurs qui trouvent encore, dans l'établissement, un bureau de placement gratuit et, sur le toit, un terrain de sports.

FRÉDÉRIC MATTON.

NOUVELLE LAMPE ÉLECTRIQUE PORTATIVE SANS PILE

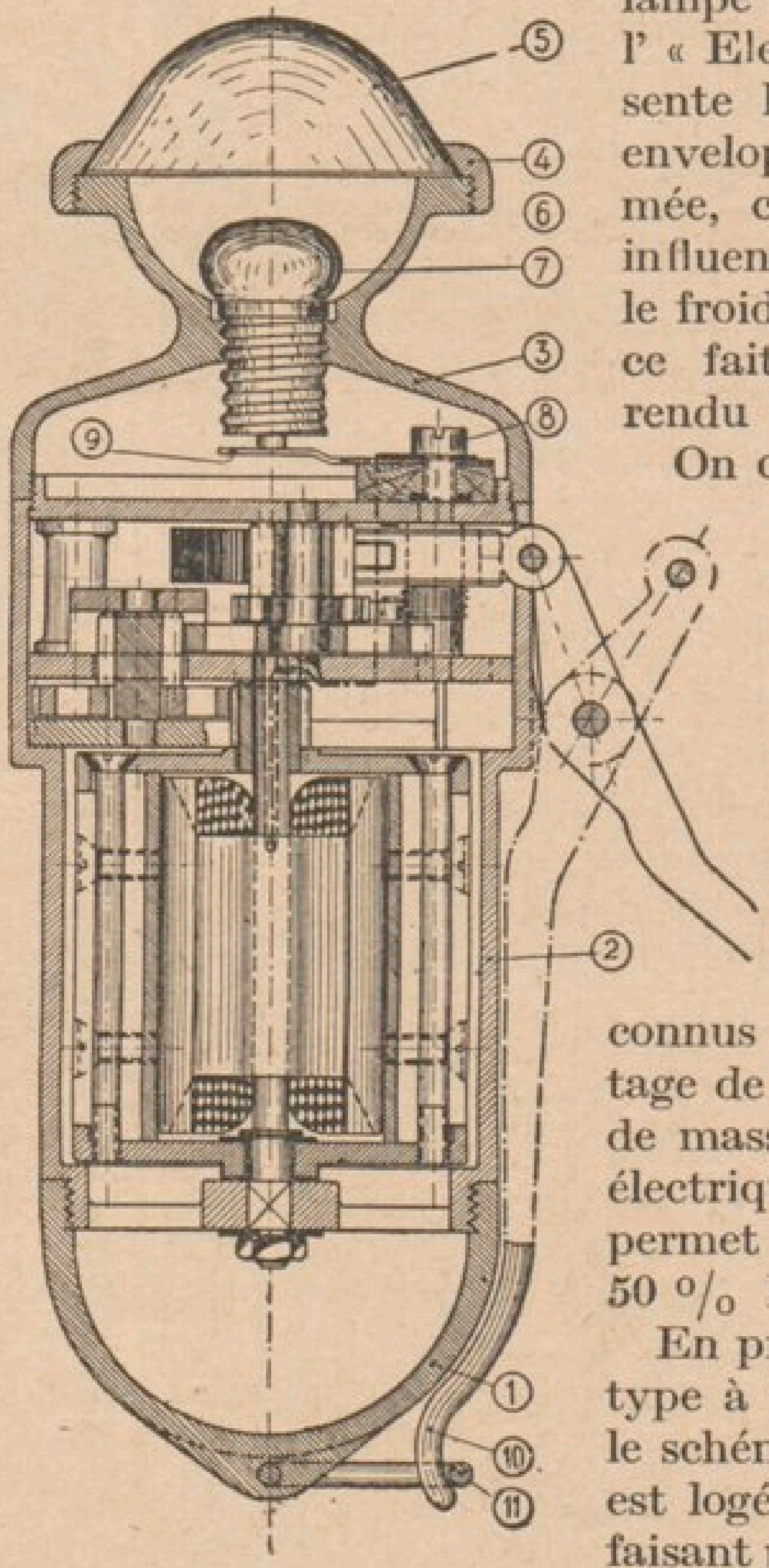
Depuis la publication de l'article consacré aux lampes électriques de poche à magnéto dans le numéro 45 de *La Science et la Vie* (page 110), par notre collaborateur A. Courtet, plusieurs autres lampes sans pile ont fait leur apparition sur le marché.

Un inventeur suisse, M. Otto Pletscher, a procédé à de nombreux essais en vue de construire une petite dynamo légère dont la force électromotrice soit utilisée jusqu'à son extrême limite et convenant dès lors parfaitement pour la réalisation d'une lampe électrique de poche très robuste et irréprochable.

Il s'agissait de résoudre un problème particulièrement délicat, parce que les lampes de ce genre, produisant elles-mêmes leur courant, à l'aide d'un mécanisme, sont sujettes à plusieurs défauts : poids trop considérable, nombre de tours exagéré de la dynamo, utilisation trop minime de l'énergie magnétique.

M. Pletscher a successivement essayé d'atteindre le but qu'il poursuivait au moyen de dynamos pourvues d'aimants en fer à cheval ou à cloche. Ces tentatives ne lui ayant donné que des résultats jugés insuffisants, l'opiniâtre inventeur eut recours à un système de ressorts qu'il abandonna également.

Dans la lampe actuelle du système Otto Pletscher, l'induit est immobile, ce qui a permis de supprimer les collecteurs ou les anneaux de frottement, ainsi que les balais et les fils conducteurs. A cet effet, un certain nombre d'anneaux magnétiques sont réunis d'une façon particulière en forme de boîte cylindrique servant d'inducteur. Cette boîte tourne autour de l'induit fixe et les aimants cylindriques forment ainsi eux-mêmes une masse tournante qui remplit l'office de volant ; on obtient un mouvement absolument régulier avec une dépense minimum de force, car une simple pression sur un petit levier suffit pour actionner la masse tournante de la dynamo. L'énergie magnétique reste donc permanente et invariable. La lampe de poche ainsi réalisée, l'« Electro-Automate », présente l'aspect d'un cylindre à enveloppe hermétiquement fermée, ce qui exclut toutes les influences extérieures telles que le froid, la pluie, la neige ; par ce fait, tout court-circuit est rendu absolument impossible.



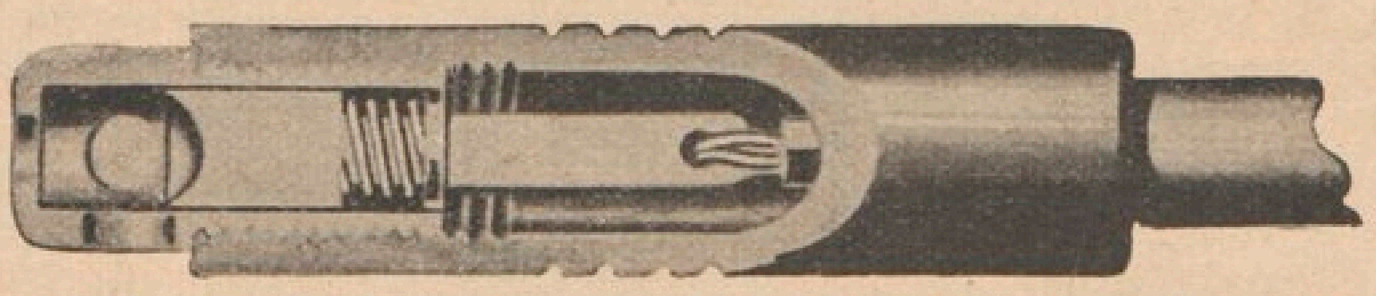
COUPE LONGITUDINALE DE LA LAMPE « ÉLECTRO-AUTOMATE »

On obtient, grâce à ce mode de construction, un champ magnétique très dense et parfaitement concentré qui baigne l'induit sans perte par dispersion magnétique. Les nouvelles dynamos Otto Pletscher ont, par conséquent, sur tous les autres systèmes connus jusqu'à ce jour l'avantage de produire, avec la moitié de masse magnétique, une force électrique équivalente, ce qui permet de réduire ainsi de 50 % leur poids total.

En principe, l'appareil est du type à levier, comme le montre le schéma ci-contre. La lampe *7* est logée au fond d'une cavité faisant partie d'un chapeau *3* et protégée par un verre *5* maintenu par l'anneau biseauté *4*. Le courant parvient au culot de la lampe par le moyen d'un contact à ressort *9* fixé par la vis *8*. Quand on se sert de la lampe, on prend dans la main droite l'enveloppe cylindrique *2* et on appuie à plusieurs reprises sur le levier *10*. On obtient ainsi la rotation plus ou moins rapide des aimants cylindriques autour de l'axe vertical intérieur qui traverse l'appareil. Quand la lampe est au repos, on immobilise le levier au moyen d'un anneau *11* qui est fixé dans le culot inférieur *1*.

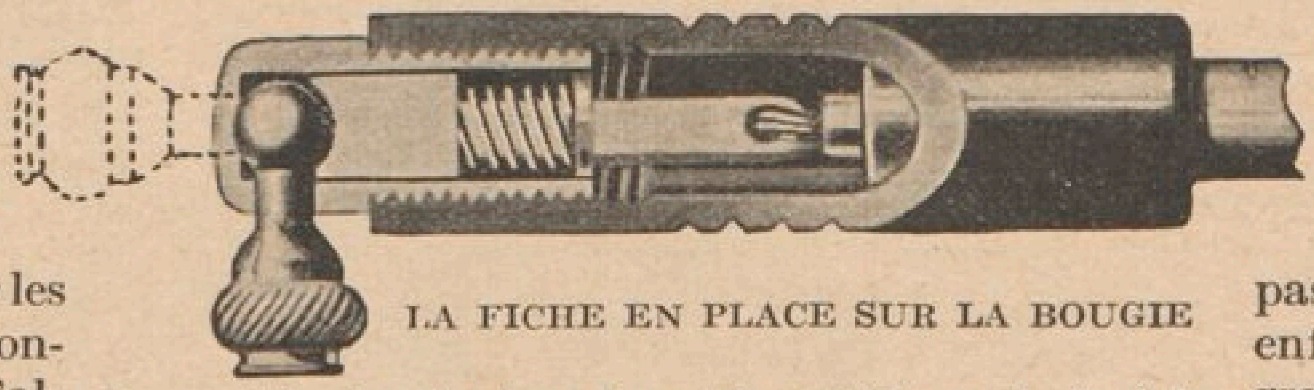
UNE FICHE DE CONTACT TRÈS PRATIQUE

Les petites inventions ont aussi leur importance. Nées le plus souvent d'un besoin, écloses dans l'esprit fertile d'un artisan, elles rendent, dans un domaine assurément restreint, d'appréciables services. Ce sont, le plus souvent, les expositions qui mettent en lumière ces dispositifs ingénieux, ces accessoires pratiques dont l'utilité saute aux yeux parce qu'ils sont simples et d'une application facile. Au dernier Salon de l'Automobile, nous avons vu ainsi un petit appareil auquel l'inventeur a donné son nom et qu'il a appelé la « fiche Broc ». Cette fiche a pour but d'établir facilement, sans vis, sans écrou, un contact électrique. Le spécimen présenté s'appliquait plus particulièrement aux bougies d'allumage des moteurs à explosion. Il pourrait aussi bien être utilisé sur toutes les bornes de contact pour prises de courant électrique.



DISPOSITIF INTÉRIEUR DE LA FICHE DE CONTACT

Etudiée d'abord pour l'automobile, cette fiche présente des avantages intéressants. On sait, en effet, combien il est désagréable d'avoir à dévisser les écrous qui surmontent les bougies d'allumage lorsqu'on veut interrompre le courant. Toujours maculé d'huile, l'écrou salit la main qui le touche ; de dimension petite, il échappe des doigt qui viennent de le dévisser et qui, pour le reprendre, se brûlent immanquablement à la tubulure de l'échappement ; si le moteur est en marche, on reçoit de désagréables décharges electriques ; si on serre trop fort, en remontant le fil, on risque de casser la bougie ; si on ne serre pas assez, les vibrations le feront insensiblement tourner, et, peu à peu, le fil, n'étant plus maintenu, se détachera.



LA FICHE EN PLACE SUR LA BOUGIE

La cavité ménagée dans la partie antérieure de la fiche est percée de deux ouvertures qui permettent de maintenir le contact dans tous les sens.

Pour parer à ces divers inconvénients, la fiche qui nous occupe comporte une tête en acier dans laquelle se meut un petit piston, toujours ramené en avant par un ressort antagoniste. Cette pièce d'acier est vissée sur un tube en ébonite, dans lequel passe le fil électrique dont l'extrémité est fixée au piston mobile. La tête en acier est percée d'un trou dans lequel passera la borne de courant de la bougie, à forme sphérique. Le piston est creusé en bout, de façon à pouvoir s'appuyer exactement sur la borne et la maintenir. Ainsi construit, ce petit accessoire s'utilise de la façon suivante : en tirant sur le fil, on amène le piston à l'intérieur du cylindre en ébonite ; la cage d'acier se trouve ainsi dégagée, et on y introduit la borne de contact ; en lâchant alors le fil, le piston est ramené en avant par le ressort et la borne se trouve emprisonnée. Pour dégager celle-ci, la manœuvre inverse s'exécute avec la même facilité.

La manœuvre est donc des plus simples et peut se faire d'une seule main, lorsque, le moteur ne marchant que sur trois cylindres, on veut savoir, en isolant successivement chaque bougie, quelle est celle qui n'allume pas. Maintenant, enfin, que la très grande majorité des voitures est munie de l'éclairage électrique, cette fiche peut être utilisée pour établir des contacts mobiles et rapidement détachables à côté de chaque phare, lampe ou lanterne. Il suffit de donner à la borne de contact la forme sphérique pour que la fiche s'y applique.

Toutes ces opérations de montage et de démontage d'écrous, de serrage de boulons, qui occasionnent une perte de temps, peuvent être désormais supprimées grâce à ce système de fiche amovible, dont l'enveloppe, en ébonite, est un isolant parfait ; en outre, ce dispositif épargne au chauffeur les secousses inévitables avec les attache-fils métalliques assez peu pratiques, généralement employés sur les automobiles.

OU DAME NATURE SE TRANSFORME EN UNE "CUISINE POPULAIRE"

Bien que la région classique des geysers, sources chaudes et solfatares, celle où ils se manifestent avec la plus grande activité et sous les formes les plus variées, soit le parc national américain de Yellowstone, on les rencontre en grand nombre dans la Nouvelle-Zélande ; ils y sont distribués sur une ligne de fracture qui s'étend sur 225 kilomètres, du volcan de Tongariro à l'île de Whakari, dans la baie d'Abondance.

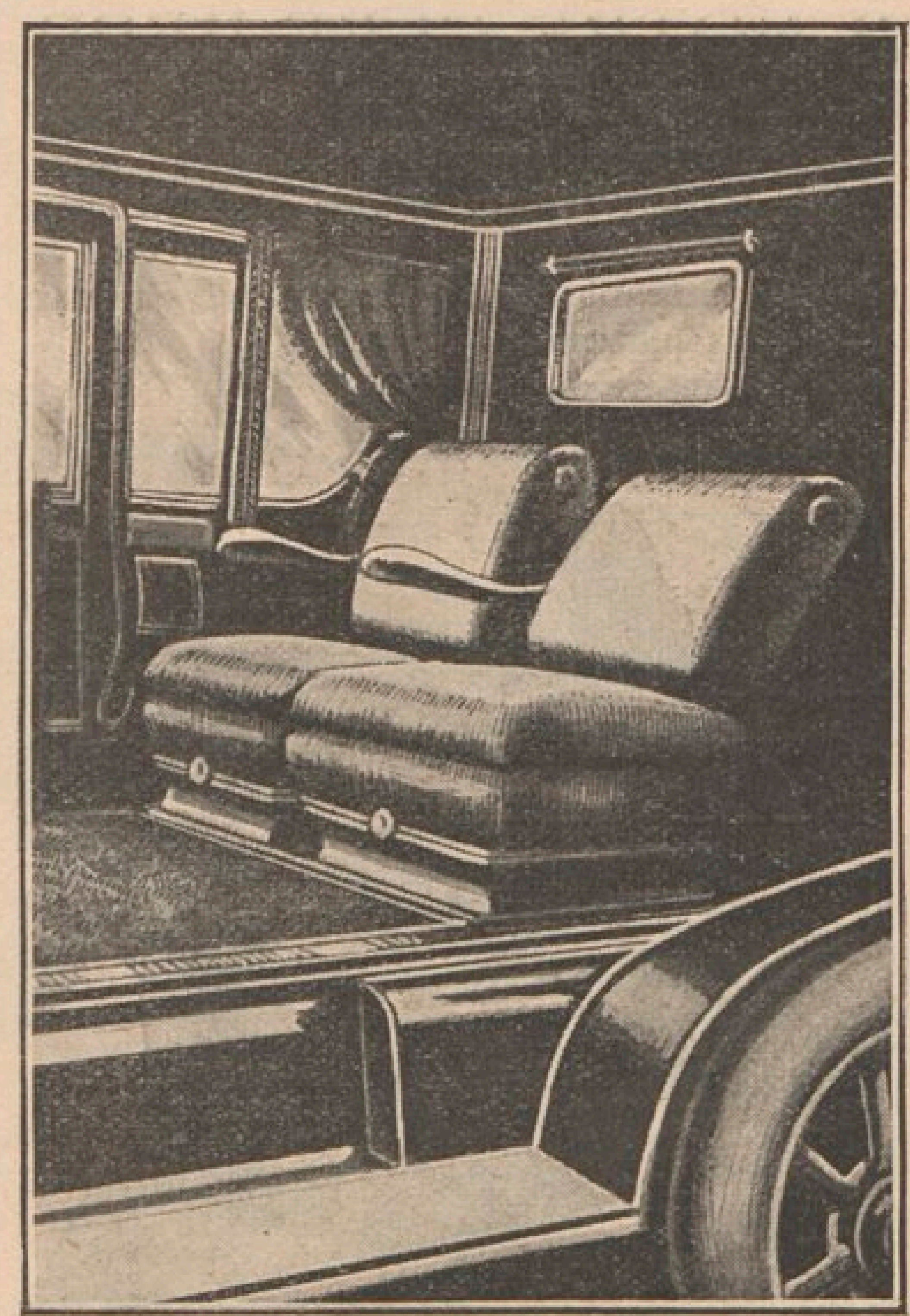
Beaucoup des nombreux geysers de la Nouvelle-Zélande ont cessé, comme certains volcans, d'être en activité ; ce ne sont plus que des sources d'eau chaude. Lorsque la surface de l'eau est en ébullition, les indigènes du pays ne manquent pas d'exploiter cette source éminemment économique de calorique. Les ménagères se rassemblent autour du bassin du geyser et y plongent leurs marmites ; pour ne pas être incommodées par les vapeurs, toujours un peu acides (acide chlorhydrique, anhydride, sulfureux, etc.) qui se dégagent en abondance, elles recouvrent le bassin de vieilles couvertures ; de temps en temps, elles retirent leurs marmites pour suivre les progrès de la cuisson.

Il advient cependant que les vapeurs à haute température qui, remontant vers la surface par les fissures du sol, entretiennent la chaleur de l'eau du geyser, arrivent en plus grande quantité ; elles convertissent alors également en vapeurs une tranche liquide, et l'augmentation formidable de pression qui en résulte détermine la projection de toute la colonne d'eau superposée. Adieu alors les ragoûts odorants qui mijotaient doucement dans les marmites. Adieu peut-être aussi les cordons-bleus ! Cela ne doit pas se produire très souvent puisque cette cuisine au grand air a encore des adeptes.

FEMMES INDIGÈNES D'UN VILLAGE NÉO-ZÉLANDAIS CUISINANT EN COMMUN DANS UN GEYSER

VOYAGER DEVIENT UN PLAISIR

Aussi bien suspendue que soit une automobile, le voyageur que la nécessité professionnelle, ou simplement son plaisir, conduit à faire de grands parcours sur des routes aussi délabrées que le sont en ce moment les nôtres, est toujours amené à ressentir une fatigue considérable que n'atténuent guère les coussins, même si ces derniers sont très souples et remarquablement moelleux.



Cette fatigue provient en premier lieu de ce que le voyageur, appuyé sur un dossier qui fait partie intégrante de la caisse de la voiture, reçoit tous les chocs transmis à cette dernière par les cahots de la route.

Un constructeur ingénieux s'est rendu compte du défaut de la cuirasse, et a imaginé, pour soustraire le siège proprement dit aux cahots désagréables, de le séparer de la caisse. Il résulte de cette disposition nouvelle qu'en aucune façon les chocs, absorbés par cette dernière partie du véhicule, ne peuvent être transmis au siège et, par suite, au voyageur qui l'occupe. Le siège d'automobile fabriqué par la Maison Lamplugh & C^{ie}, 7, rue Ernest-Cognacq, Paris-Levallois, et dénommé par elle « Siège-Pullman » — car c'est de celui-ci qu'il s'agit — consiste en une armature métallique élastique, dont les éléments sont combinés de telle sorte que leur flexion fait équilibre au poids du voyageur. Chaque siège est complètement séparé de la carrosserie, et est absolument indépendant de son voisin. C'est, en réalité, placé dans l'automobile, un véritable fauteuil dont le confort est comparable à celui de ces fauteuils dont nos amis anglais semblent avoir eu, jusqu'ici, le monopole.

Une autre des causes principales de la fatigue ressentie au cours des longs voyages provenait de ce fait que l'automobiliste étant, pour ainsi dire, calé dans un siège fixe et de forme invariable, finissait par s'engourdir : sensation désagréable, énervante et pénible. Pour s'en débarrasser, on ne pouvait que s'asseoir un peu plus sur les reins, ou s'appuyer au dossier juste des omoplates, en un mot, modifier la position du corps seul en adoptant une position plus ou moins acrobatique.

La Maison Lamplugh & C^{ie} a trouvé un moyen simple pour varier la position de l'automobiliste : le corps ne bouge plus. C'est la forme du siège qui varie, et, par une manœuvre très simple : il suffit au voyageur, au moyen d'un simple bouton molleté situé en avant du siège et au milieu, de modifier l'inclinaison du dossier (qui oscille entre 90 et 105°). Le fauteuil se transforme en une véritable chaise-longue sur laquelle s'allonge l'automobiliste fatigué d'être assis.

Une troisième raison qui rend souvent l'automobile inconfortable est la suivante : le siège du voyageur, qui est fixe, possède des dimensions déterminées, invariables, auxquelles doivent obligatoirement s'adapter toutes les tailles, si bien que le siège étant normalement calculé pour une personne de taille moyenne, la personne qui mesure 1 m. 80 est embarrassée de son corps, et la personne de 1 m. 60, appuyée contre le dossier, n'arrive pas à poser ses pieds par terre.

Dans un cas comme dans l'autre, tout l'agrément qu'il peut y avoir à voyager en

automobile est annihilé par la gène qui résulte de ce véritable défaut de construction.

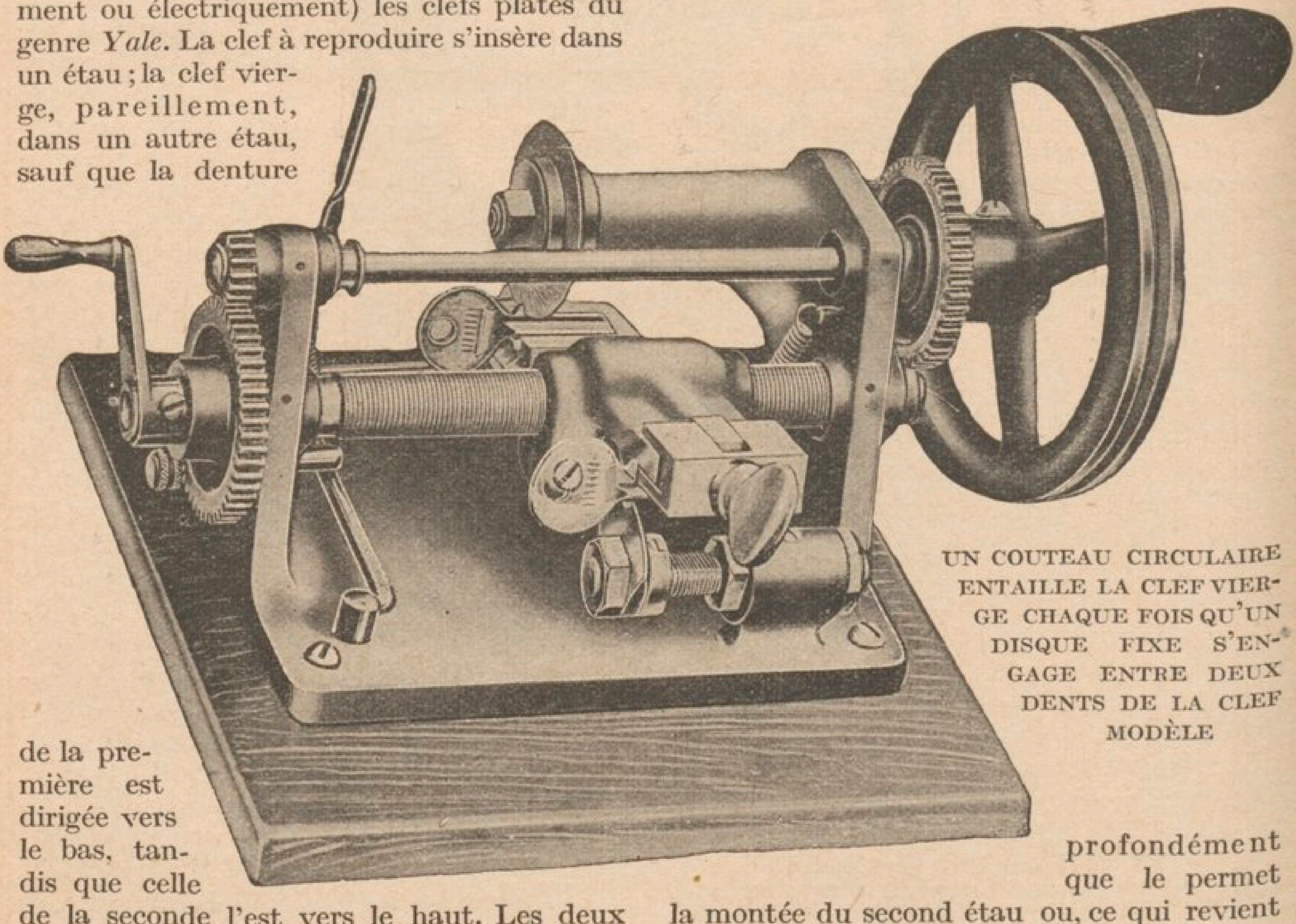
La Maison Lamplugh, en créant le « Siège-Pullman » est venue à bout de cette difficulté de la façon la plus simple, en réalisant un siège dont le dossier peut, rapidement et facilement, se déplacer de 10 centimètres, ce qui augmente ou réduit l'assise dans les mêmes proportions.

Très aisément, on peut, par conséquent, adapter la taille du siège à la taille du voyageur, ce qui constitue évidemment un progrès sur la méthode ancienne, qui forçait le voyageur à s'adapter tant bien que mal, plutôt mal que bien, au siège fixé.

Si l'on ajoute que le « Siège-Pullman » est recouvert d'une moelleuse et luxueuse garniture qui vient encore ajouter à l'effet produit par son principe même, on comprendra que ce siège représente le maximum de confort qu'il soit possible de réaliser en automobile et qu'il sera d'un précieux secours surtont tant que nous n'aurons pas les routes merveilleuses qu'on nous a promises.

QUELQUES TOURS DE MANIVELLE ET VOICI NOTRE CLEF REPRODUITE

La machine ci-dessous permet de reproduire automatiquement, et rien qu'en tournant une manivelle (qui peut fort bien, d'ailleurs, être actionnée mécaniquement ou électriquement) les clefs plates du genre *Yale*. La clef à reproduire s'insère dans un étau ; la clef vierge, pareillement, dans un autre étau, sauf que la denture de la première est dirigée vers le bas, tandis que celle de la seconde l'est vers le haut. Les deux étaux sont montés de part et d'autre d'un chariot à bascule pouvant se déplacer le long d'un arbre fileté. Un disque-guide fixe porte contre la denture de la clef taillée ; lorsqu'au-dessus de son arête se présente le plein d'une dent, le premier étau est soulevé et le second est au contraire abaissé ; c'est l'inverse qui se produit lorsque le disque peut s'engager entre deux dents, mais alors la clef vierge est présentée sous un couteau circulaire qui l'entaille aussi profondément que le permet la montée du second étau ou, ce qui revient au même, la profondeur de l'entaille correspondante de la clef-modèle. Ainsi, au fur et à mesure que progresse le chariot sur l'arbre fileté, pleins et creux de la clef-modèle sont automatiquement et exactement reproduits sur son duplicata, sans qu'entrent en jeu ni l'habileté ni la connaissance professionnelle.



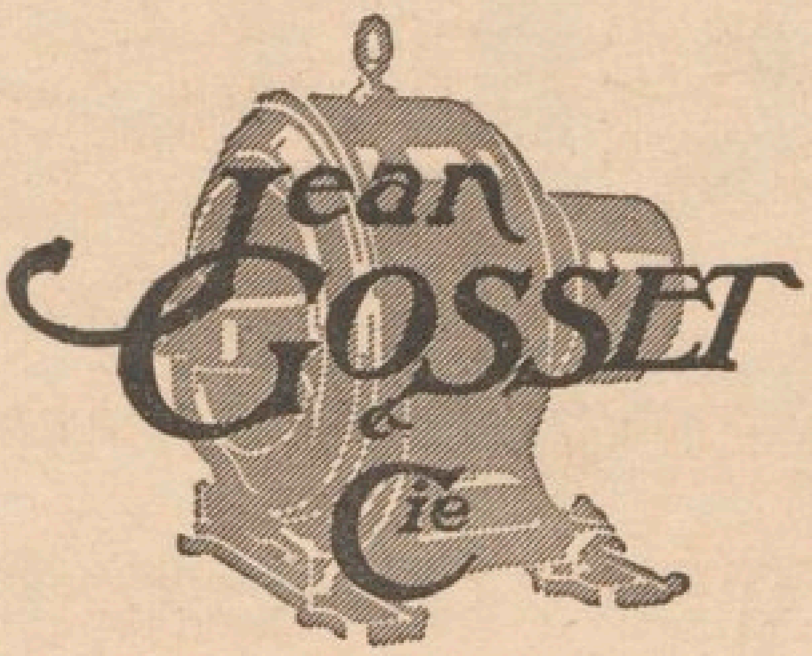
UN COUTEAU CIRCULAIRE ENTAILLE LA CLEF VIERGE CHAQUE FOIS QU'UN DISQUE FIXE S'ENGAGE ENTRE DEUX DENTS DE LA CLEF MODÈLE

Le Gérant : Lucien Josse. Paris. — Imp. Hémery, 18, rue d'Enghien.

Constructions & Installations Électriques & Électro-Mécaniques

BUREAUX

Rue Nouvelle-Stanislas, 5 & 7
Téléph. : Fleurus 2-22 & 3-33



MAGASINS
ET ATELIERS

Rue N.-D.-des-Champs, 53
Téléphone : Fleurus 9-30

INGÉNIEURS
A PARIS

ÉLECTRIFICATION COMPLÈTE D'USINES
FORCE ET TRACTION :: :: ÉCLAIRAGE
:: :: :: :: SIGNALISATION :: :: :: ::
POSTES DE TRANSFORMATION DE COURANT
:: :: TRANSPORTS D'ÉNERGIE :: ::
:: EN HAUTE ET BASSE TENSIONS ::
:: MOTEURS ET GÉNÉRATRICES ::
:: :: :: TRANSFORMATEURS :: :: ::
:: :: GROUPES CONVERTISSEURS :: ::
DE TOUS COURANTS ET DE TOUS TYPES
:: TABLEAUX DE DISTRIBUTION ::
:: :: :: :: APPAREILLAGE :: :: :: ::
:: POUR HAUTE ET BASSE TENSIONS ::
RÉPARATION, REBOBINAGE et TRANSFORMATIONS de toutes MACHINES et APPAREILS

N'oubliez pas que, sur votre demande, un de nos Ingénieurs ira vous donner *tous renseignements et devis* pour

Fourniture
Entretien
Réparation
Installation

de toutes MACHINES et tous APPAREILS ÉLECTRIQUES et ÉLECTRO-MÉCANIQUES dont vous pourriez avoir besoin.

VOTRE INTÉRÊT EST DE NOUS CONSULTER

POUR LES RÉGIONS DÉTRUITES

PROPRIÉTAIRES,
INDUSTRIELS, ARCHITECTES, ENTREPRENEURS

ne construisez plus !!!

n'installez plus de conduites d'eau sous pression

NI AU SOUS-SOL - NI DANS LES APPARTEMENTS

sans employer les tuyaux de

MÉTAL REX

MAXIMUM
DE RÉSISTANCE A LA PRESSION

REX

MINIMUM
DE RISQUE D'INTOXICATION

LE MÉTAL REX

Est plus résistant que le plomb
Est aussi malléable

Est plus hygiénique
Dure plus longtemps
Se soude mieux

Se pose plus facilement
Se dissimule mieux dans les installations

COUTE MOINS CHER QUE LE PLOMB

ÉCONOMIE DE 40 à 50 %

Économie de 50 % sur les matières - Économie de 50 % sur les transports

La main-d'œuvre, la manutention, les accessoires de pose, tout est **MOINS CHER** quand on emploie le **MÉTAL REX.**

LE MÉTAL REX EST LE SEUL de sa composition ayant fait l'objet d'un avis favorable de la Commission d'examen des inventions intéressant les Armées de Terre et de Mer.

LE MÉTAL REX EST LE SEUL de sa composition dont l'emploi a été autorisé par les Ministères de la Guerre et de la Marine.

DEMANDER LES NOTICES SPÉCIALES

à MM. MARCEL BASSOT & Cie, 14, r. de Turenne, Paris

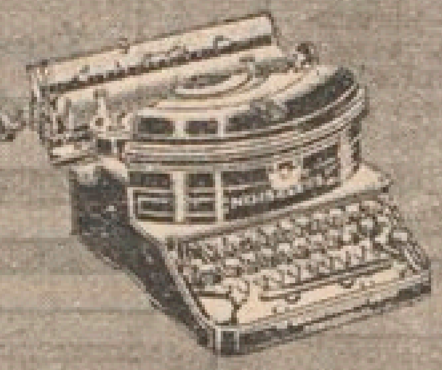
ÉCOLES CHARRON

Le Progrès National par le Progrès Individuel

A l'homme d'affaires

Vous diminuerez votre fatigue et vous augmenterez votre production en assurant dans vos bureaux par *La Noiseless*, machine à écrire *silencieuse*. Le silence complet essentiel au travail réfléchi. La machine Noiseless n'a pas la prétention d'être silencieuse — elle l'est.

Demandez aujourd'hui un prospectus à la Section des machines à écrire : *Noiseless Silencieuse.*



A la Dactylographe

Vous présenterez à votre chef sans hésitation une transcription précise de sa dictée parce qu'avec *la Sténographie Internationale* vous saurez vous relire mot pour mot. Son étude directe ou par correspondance est facile, rapide, interessante. Elle s'applique immédiatement aux autres langues.

Demandez aujourd'hui un prospectus à la section *Édition, Sténographie Internationale.*

ÉCOLES CHARRON

34, Avenue des Champs Elysées
10, Rue du Colisée PARIS

Publicité Charron

Automobilistes!

Si vos ressorts sont durs

Employez les
AMORTISSEURS **"J.M."**

Si vos ressorts sont trop souples

Demandez les
COMPENSATEURS **"J.M."**

Si vos bougies s'encrassent

Utilisez les
Prises de Courant
Vérificateurs d'étincelles 'J.M.'

Cyclistes et Motocyclistes !!

Si vous désirez éviter les secousses dues aux mauvaises routes

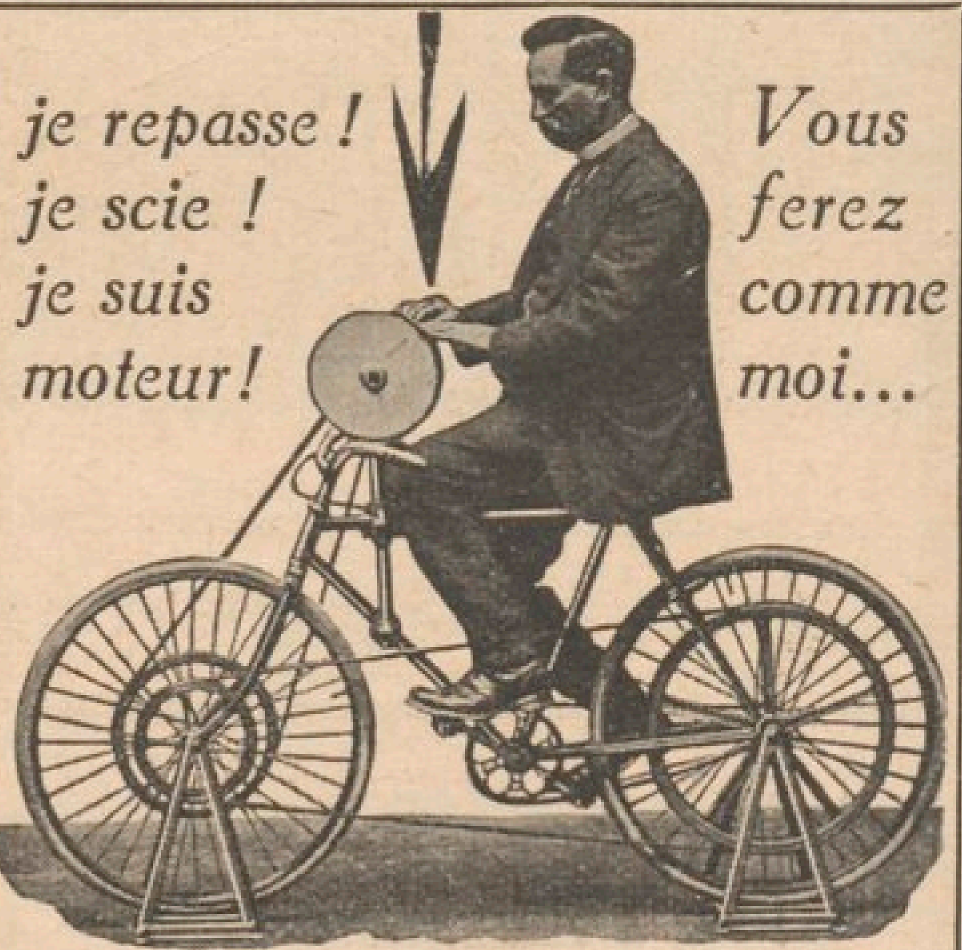
Adoptez sans retard les
AMORTISSEURS **"J.M."**
se plaçant INSTANTANÉMENT sur n'importe quelle bicyclette ou motocyclette.

LES SPÉCIALITÉS **"J. M."** SONT EN VENTE PARTOUT
et 3, boulevard de la Seine, Neuilly-s.-Seine - Tél. Wagram 01-80 et Neuilly 90
CATALOGUE FRANCO SUR DEMANDE

T.S.F. GRACE AU
MORSOPHONE
Je sais lire au son

DERNIÈRE CRÉATION
LE MORSOPHONOLA
se fixe sur le *Morsophone* et le fait parler au moyen de BANDES PERFORÉES
Références dans le monde entier. Notice fco sur demande.
En vente dans tous les Gds Magasins et principales Maisons d'électricité.
CH. SCHMID
BAR-LE-DUC (Meuse)

POUR CRÉER
CHEZ SOI
AFFAIRES PAR CORRESPONDANCE
Écrire PUBLICITÉ V. GABRIEL
Service V., à Évreux (Eure)



sur une bécane quelconque...
en y montant, *en 3 minutes*, l'appareil breveté :

MOTEUR HUMAIN
pour
Affûter - Repasser - Polir
Scier - Bobiner - Forer
et faire tourner tous instruments légers, tels que : *Baratte, Dynamo de recharge, Pompe, Appareils de laiterie.*

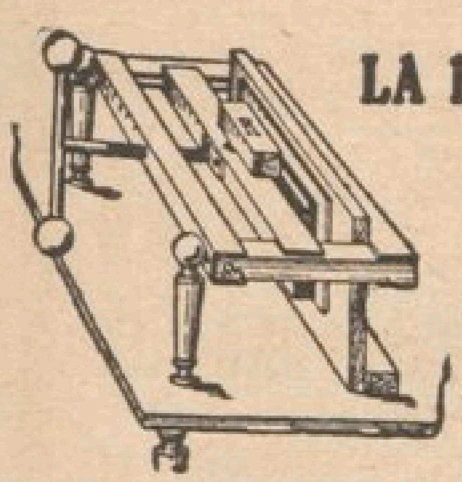
Pédalage très doux - 10 h. sans fatigue

En 3 minutes le " Moteur Humain " *se démonte.....*
..... et la bécane est prête pour la route.

Appareil composé de : 2 tréteaux, 3 poulies, 2 courroies, touret à axe sur billes, avec une meule. .. .. 250 frs
Supplément pour scie circulaire et tablette de sciage .. .. 50 frs
(Port et emballage en sus.)

Construction Mécanique de Précision
BARROT frères, Ing. A.M., Constructeurs
10, Rue de l'Alma - ASNIÈRES (Seine)

La Science et la Vie
est le meilleur auxiliaire
de l'Enseignement technique



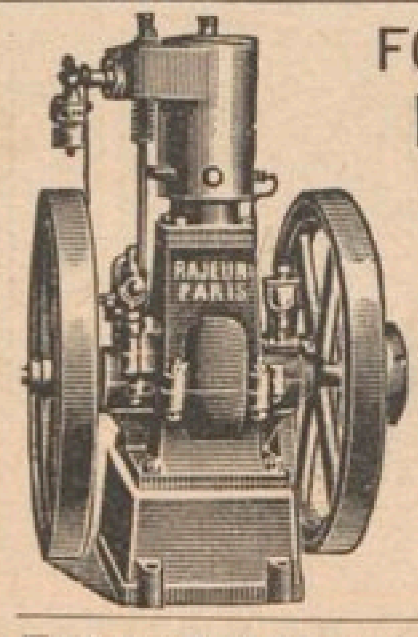
LA RELIURE chez SOI

Chacun peut
TOUT RELIER soi-même
Livres - Revues - Journaux
avec la
RELIEUSE MÈREDIEU
Notice franco contre 0 f. 25
C. MÈREDIEU I., Angoulême

Supprimez vos piles

LE
SIMPLEX
emploie le courant
de lumière alternatif
INUSABLE-INDÉRÉGLABLE
CHAVEPAYRE, Ingén.-Const.
21, Rue Morand - PARIS
Téléphone : Roquette 89-06

POUR OBTENIR UN
BREVET SÉRIEUX
Adressez-vous à :
C. C. WINTHER-HANSEN
35, Rue de la Lune, Paris
INGÉNIEUR CONSEIL EN MATIÈRE DE
PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE DEPUIS 1888
ADR. TÉLÉGR. BREVETHANS-PARIS.
Brochures gratis

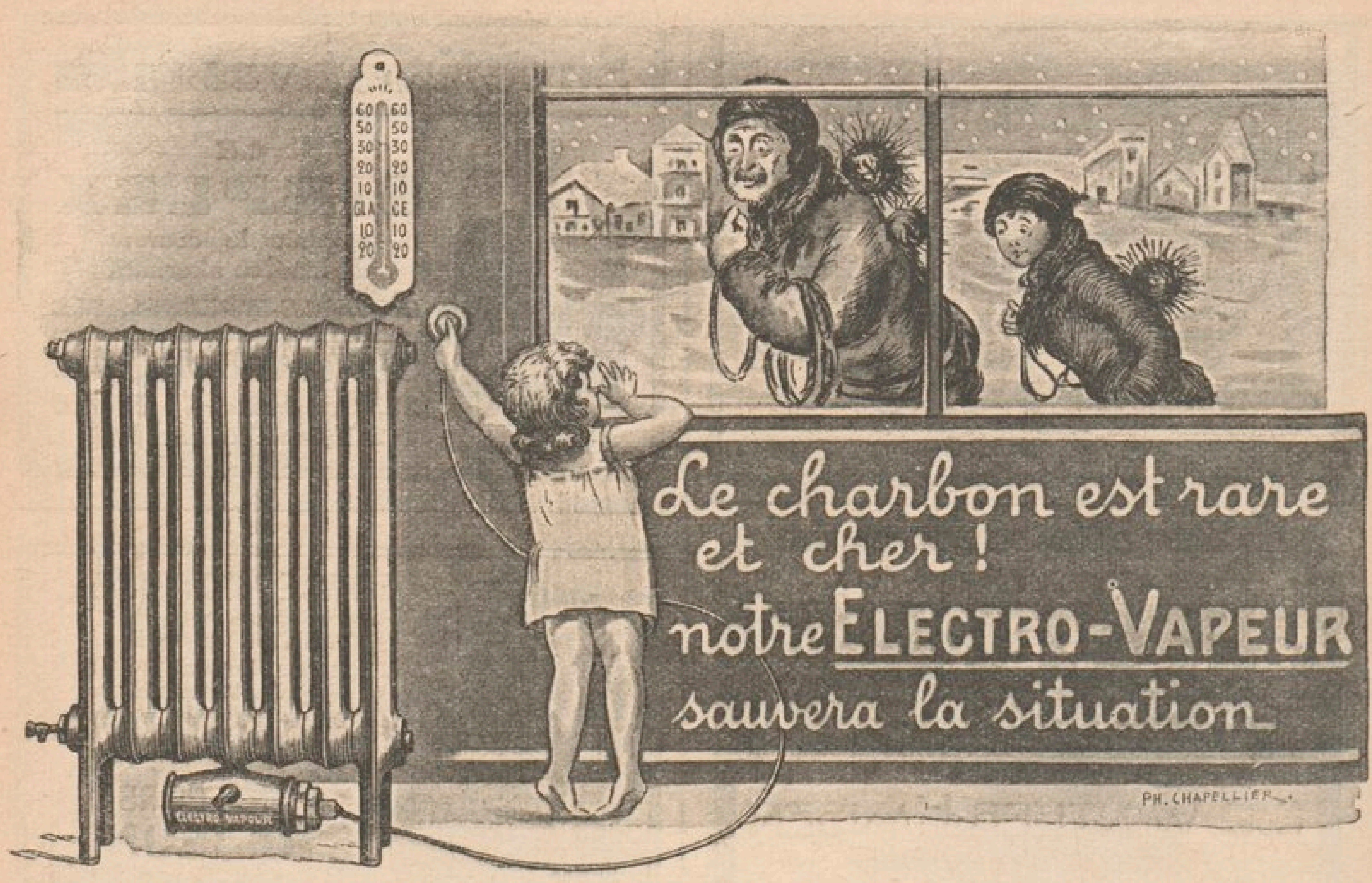


FORCE MOTRICE
PARTOUT
Simplement
Instantanément
TOUJOURS
PAR LES
MOTEURS
RAJEUNI
119, r. St-Maur, Paris
Catalogue N° 182
et Renseignements sur demande
Téléph.: 923-82 — *Télég.:* RAJEUNI-PARIS

ECONOMISEZ VOTRE TEMPS ET VOTRE ARGENT
en vous RASANT avec l'incomparable
RASOIR de sûreté **"LE TAILLEFER"**
Se trouve partout
FABRICATION FRANÇAISE (MARQUE DÉPOSÉE)
Catalogue illustré franco sur demande

M. ROCHON, fabricant 2, rue Docteur-Bally, GRENOBLE (Isère)

LE FRIGORIGÈNE A-S
MACHINE ROTATIVE À GLACE & À FROID
BREVETS AUDIFFREN & SINGRÜN
TOUTES APPLICATIONS INDUSTRIELLES & DOMESTIQUES
SÉCURITÉ ABSOLUE — *Les plus hautes Récompenses* — *Nombreuses Références* — **GRANDE ÉCONOMIE**
SOCIÉTÉ D'APPLICATIONS FRIGORIFIQUES - 92, Rue de la Victoire, PARIS - *Catalogue & Devis gratis s. demande*



VOUS QUI MANQUEZ DE COMBUSTIBLE !

et... Vous surtout qui avez ou pouvez avoir

LE COURANT ÉLECTRIQUE A BON MARCHÉ

Ecrivez de suite aux

Établissements BELIN, 66 *bis*, Rue Jouffroy - PARIS-17me

Téléphone : Wagram 80-91 80-92, 80-93 *Adresse télégraphique :* Benil-Paris

GROSSISTES, ÉLECTRICIENS demandez nos conditions spéciales

INSTRUMENTS DE PRÉCISION POUR LES SCIENCES

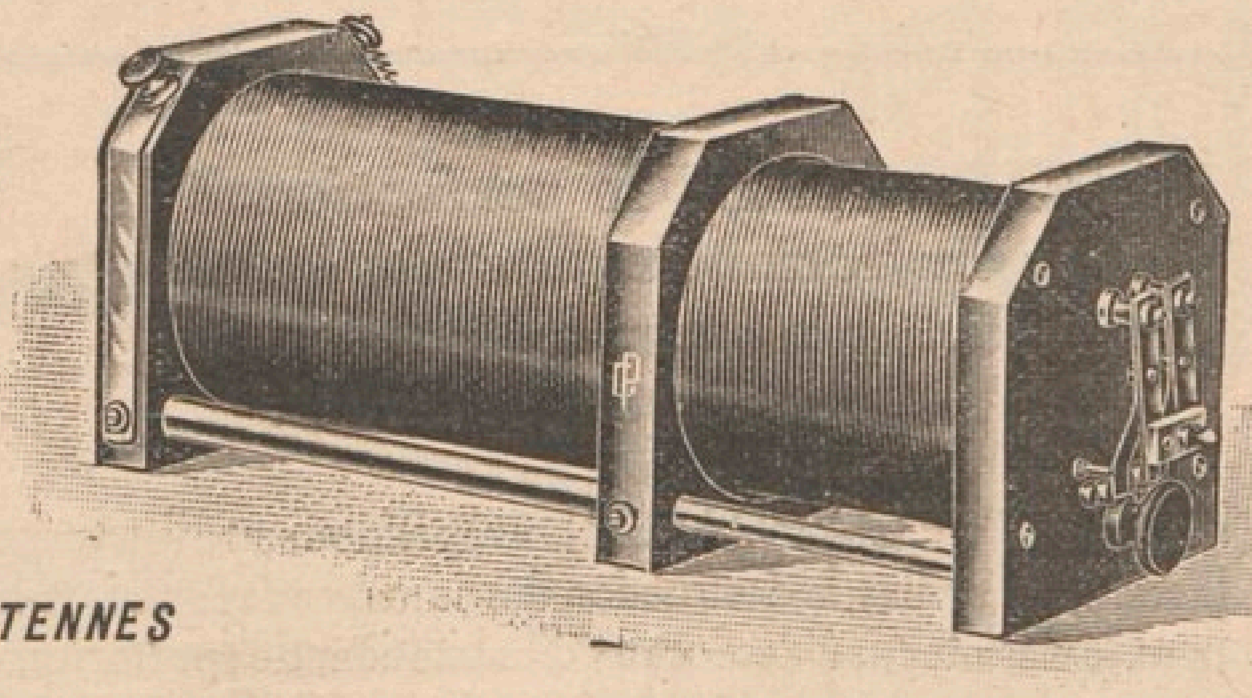
ÉTABLISSEMENTS PÉRICAUD T.S.F.

85, Boulevard Voltaire, 85 - PARIS (XI^e^)

USINES : PARIS-LYON *Téléphone : Roquette 0-97*

NOUVEAUTÉS

POSTES RÉCEPTEURS
pour toutes distances munis des derniers perfectionnements



BOBINE VARIO-TYPE
maximun de syntonie
précision de sélection

PIÈCES DÉTACHÉES
FOURNITURES POUR ANTENNES

DEMANDER NOS CATALOGUES ILLUSTRÉS

T.10. T.S.F. - *E.10.* Électricité dans ses applications - *M.10.* Électricité médicale

MANUEL PRATIQUE DE T.S.F. - 6^e^ Édition - 72 pages.. .. .. .. Prix : **1** fr. **75**

NETTOYAGE PAR LE VIDE

APPARTEMENTS, BUREAUX, ATELIERS, MAGASINS avec

les *aspirateurs* portatifs

BIRUM électriques ou à main

les mieux étudiés, les mieux construits, maximum de rendement, minimum de dépense, élégants, légers, robustes.

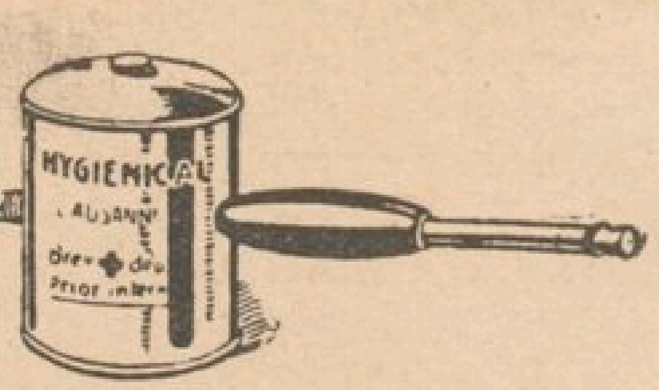
Envoi de Catalogues sur demande

R. BIMM, Constr., 69, Rue de la Goutte-d'Or - Aubervilliers (Seine)

GRAND SUCCÈS
DU
Pulvérisateur " IDÉAL "

BREVETS INTERNATIONAUX

VAPORISATEUR perfectionné pour la projection des liquides à une distance de plusieurs mètres en une buée très fine ou en jet direct.



CE NOUVEL APPAREIL à répétition sert à l'arrosage des plantes d'appartements, p^r la serre, les jardins, la destruction des parasites des arbres, arbustes, les insecticides et le sulfatage, la désinfection des locaux d'habitation, de spectacles, cliniques, hôpitaux, écoles, etc.

SON EMPLOI est aussi très apprécié dans les fabriques de tabacs, de tissus, blanchisseries ; à la campagne, contre les parasites des jardins, des clapiers, poulaillers, écuries, etc.

DANS LES COLONIES et les Pays des tropiques, pour la lutte contre les moustiques, contre les parasites des plantations, etc.

UNE INNOVATION à grand succès et très appréciée dans les usines et fabriques de machines a été faite avec l'appareil *Idéal* pour huiler les machines et pièces de machines, mécanismes de précision, métiers à tisser, à broder, broches, etc. dont les parties délicates doivent être entretenues par un graissage minutieux, soigné et fréquent.

Cet appareil permet de projeter de l'huile en buée, dans toutes les parties difficiles à atteindre au chiffon, avec une économie d'huile, travail rapide et soigné, etc.

APPAREILS A MAIN AVEC RÉCIPIENT en laiton poli ou cuivre. 1/2 litre, 1 et 1 litre 1/2
Au détail, de .. : **15** à **30** francs

RÉCIPIENT A DOS ET A BRETELLES en cuivre, avec piston à répétition en laiton, caoutchouc, (1 m.) et rallonge coudée (2). Frs **75**
double vaporisateur (3) en plus, fr. **5**

Cet appareil est employé dans les jardins, les vergers, la campagne, etc., p^r la lutte contre les insectes et tous les parasites des arbres, plantes, cultures, etc.

TUBES-RALLONGES en laiton de 50 cm. à 1 mètre, dont on peut mettre un ou plusieurs à volonté s'il s'agit de vaporiser contre des arbres, à une grande distance, dans les lieux difficiles à atteindre, etc.

ESSENCE CONCENTRÉE désinfectante et parfumée " HYGIENICAL " contre les épidémies, les odeurs, la fumée, et pour le rafraichissement de l'air, à base de formaldehydes et grands désinfectants (5 à 10 grammes pour 1 lit. d'eau). *Le flacon original.* Francs **10**

Fabricants sont demandés pour licences ou achats de brevets pour un ou plusieurs pays à la fois

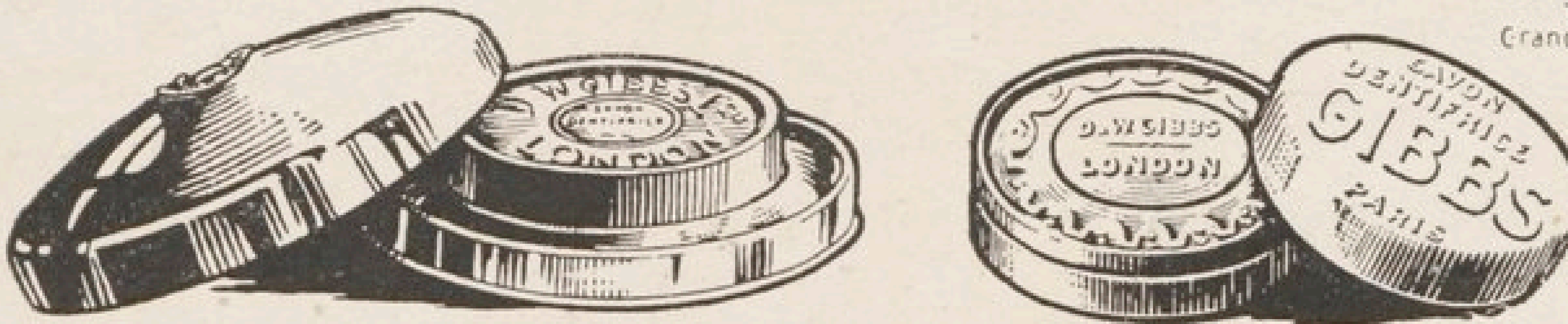
***Vente en gros* - Louis BLANC -** *Fabricant-Propriétaire*

1, Rue Centrale, 1 - LAUSANNE (Suisse) - Origine garantie

les 3 PRÉSENTATIONS

Tube Petit Modèle

Tube Grand Modèle



Boîte de Luxe
en aluminium poli

Boîte Aluminium
Modèle courant

DU

SAVON DENTIFRICE

GIBBS

ses 3 CONSEILS

LAVEZ vos DENTS
COMME vos MAINS
AVEC DU SAVON

LAVEZ vos DENTS
MATIN & SOIR
LAVEZ-LES APRÈS
CHAQUE REPAS

EXIGEZ LE
GIBBS
AUTHENTIQUE

P. THIBAUD & Cie. 7 et 9, rue La Boëtie, PARIS
Concessionnaires généraux de D. et W. GIBBS,
INVENTEURS du Savon pour la barbe et du Savon dentifrice

Etablissements BALLOT, 27 à 39, Boulevard Brune, PARIS (XIVe)

LE PROCHAIN NUMÉRO DE LA " SCIENCE ET LA VIE "
PARAITRA EN MARS 1920